

e!ektor

electronics worldwide



CO₂

upptäck dålig luft
innan du tuppar av

TEST

VI JÄMFÖR ENERGIMÄTARE

DC-effektmätare

SPÄNNING, STRÖM & Co

Trådlös energiöverföring: myt eller verklighet?

Anti-standby: slutet för energislösarna!

E-block: Toyota Prius drar under 0,3 l/mil

INTERPRESS 0173-01



RETURVECKA 10

**Chefredaktör och
ansvarig utgivare**
Bill Cedrum

Redaktionen

Box 178
444 22 Stenungsund
Besöksadress
Kristinedal 40
444 47 Stenungsund

Redaktionssekreterare

Asta Russell

Utgivare

Electronic Press AB
Box 178
444 22 Stenungsund
Tel: 0303-77 04 90
Fax: 0303-77 04 90
E-mail:
red@alltomelektronik.se
http://
www.alltomelektronik.se

Prenumerationer 2007

PressData AB
Tel: 08-799 63 25
Fax: 08-98 45 72
Helår 545:-
Norge helår 545:- NOK +
porto

Annonser

Allt om Elektronik
Annonsavdelningen
Box 178
444 22 Stenungsund
Tel: 0303-77 04 90
Fax: 0303-77 04 90
E-mail:
annons@alltomelektronik.se

Tryck

db grafiska ab
Örebro 2008

ISSN 0280-8765

Samtliga artiklar, fotografier, krets-kortslayouter och annat är copyrightskyddat och får endast återges efter utgivarens skriftliga tillstånd. Detta gäller även delar av materialet. Allt om Elektronik har, så långt som är möjligt, kontrollerat samtliga byggprojekt. Dock tar vi inget ansvar för fel som ligger utanför vår kontroll. Ej heller tar vi ansvar för byggen som våra läsare utför.

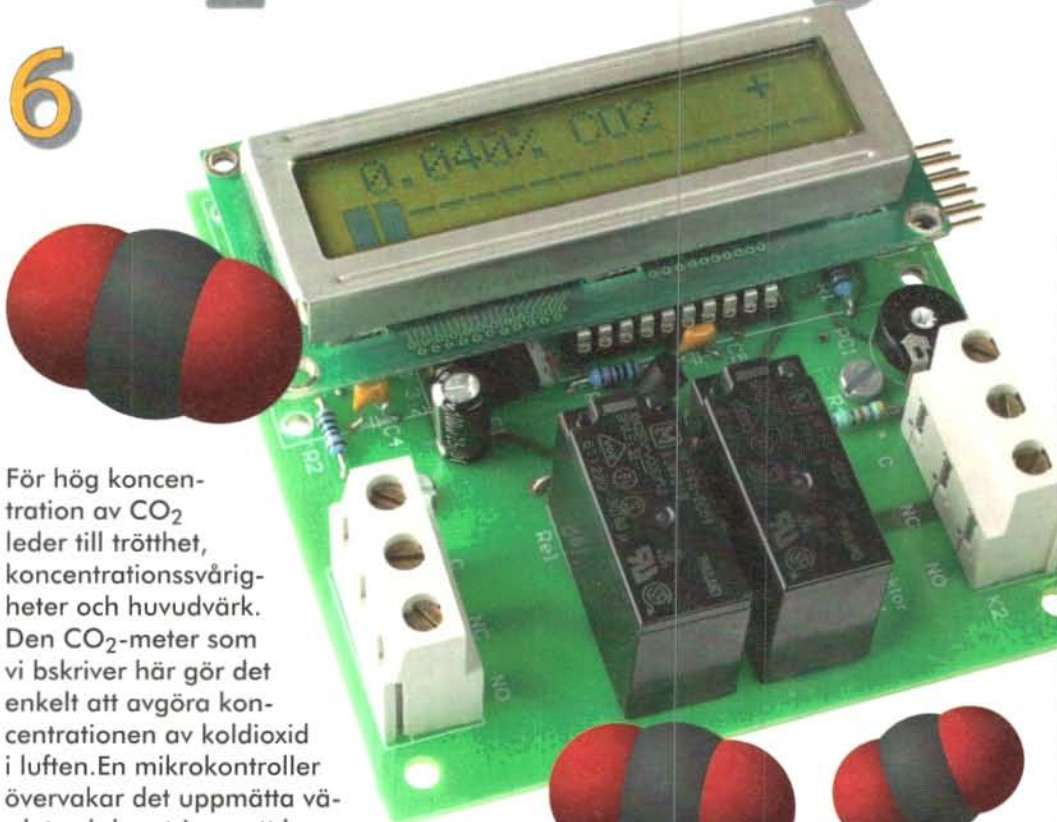
Copyright:

Elektor International Media
Box 11
NL-6114-ZG Susteren
Holland

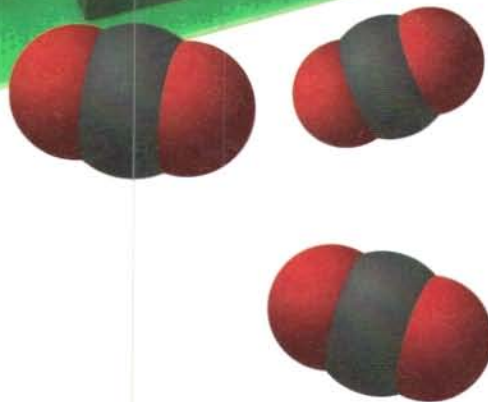
elektor
electronics worldwide

CO₂ -mätning

6



För hög koncentration av CO₂ leder till trötthet, koncentrationssvårigheter och huvudvärk. Den CO₂-meter som vi beskriver här gör det enkelt att avgöra koncentrationen av koldioxid i luften. En mikrokontroller övervakar det uppmätta värdet och kan trigga ett larm eller starta en fläkt om värdet överskrider en förinställd tröskel.

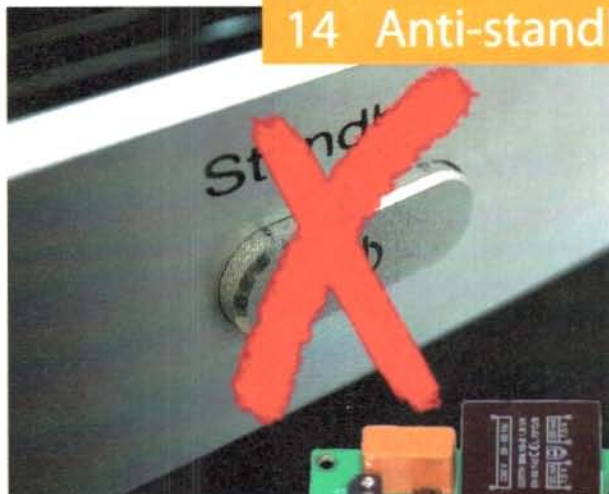


32 Ekonomisk energi

Det finns händiga energimätare som kan pluggas in i ett vägguttag och sedan visa på en display hur mycket effekt som en apparat använder. Hur noggranna är dessa mätare och vad kan du verkligen mäta med dem? Vi har undersökt några av dem i Elektors labb.



14 Anti-standbyswitch



Energisnålt är en måste-egenskap hos de apparater för 'home entertainment' som säljs idag, men det finns fortfarande miljoner äldre, och inte så gamla, apparater som slukar alldeles för mycket energi i det bekväma standbyläget. Den anti-standbyswitch som vi beskriver här sparar vår planets energi — och vår egen!



30 Universell effektmätare



Denna kompakta mätmodul för ett DC-spänningsaggregat kan användas med nya nätdelar eller med äldre som saknar denna möjlighet. Och tack vare modern mikrokontrollerteknik erbjuder den också några extra bonusegenskaper.

projekt

- 6 **CO₂ mätning**
- 14 **Anti-standbyswitch**
- 20 **Universell DC-effekt-mätare**
- 40 **Svävande kub**
- 44 **E-block: mer än 100 mpg från en Toyota Prius**

teknologi

- 26 **Trådlös effektöverföring**

info & marknad

- 4 **Innehåll**
- 50 **Ekonomisk energi**
Vi testar energimätare
- 48 **Elektor SHOP**
- 50 **Nästa nummer**

infotainment

- 13 **Vista i labbet**
- 30 **Retronik:**
Filmnetdekoder (1989)

CO₂-mätning

varning för kvav luft

Koldioxid (CO₂) är inte bara ett hot mot miljön, det är också en viktig och ofta bortglömd faktor när man avgör luftkvaliteten på jobbet eller hemma. För hög koncentration av CO₂ leder till trötthet, koncentrationsproblem och huvudvärk. Den CO₂-meter som vi beskriver här gör det enkelt att avgöra koncentrationen av koldioxid i luften. En mikrokontroller övervakar det uppmätta värdet och kan trigga ett larm eller starta en ventilationsfläkt om värdet överskrider en förinställd tröskel.



Egenskaper (med en CDM4161 modul)

- mäter CO₂-koncentrationen i luften för att övervaka kvaliteten inomhus
- Okänslig för andra gaser, temperatur och luftfuktighet
- CO₂-koncentrationens mätområde: frisk luft (ca 400 ppm) till 4000 ppm (0.04 % to 0.4 %)
- Switchande utgång för 10 A vid 230 V för att styra ventilationssystem, med fyra förinställda CO₂-koncentrationströsklar
- Switchande utgång för 10 A vid 230 V för aktivering av larm eller nödventilering
- Koncentrationen visas på en LCD i digital och analog form
- Trendindikering
- Ingen justering behövs (automatisk kalibrering)
- Enkel strömförsörjning via en nätadapter

I den stora texttrutan diskuteras mer ingående egenskaperna hos denna myc-ke-t stabila förening mellan en kolatom och två syreatomer. Motivet till att bygga denna CO₂-meter är inte någon klimatforskning utan målet är att övervaka, och om nödvändigt, förbättra inomhusluftens kvalitet. En förhöjd nivå av CO₂ indikerar att det är nödvändigt med ventilation. Vår CO₂-meter ger dock inte bara en direkt visning av CO₂-nivån utan jämför den också med en tröskelnivå och aktiverar ett

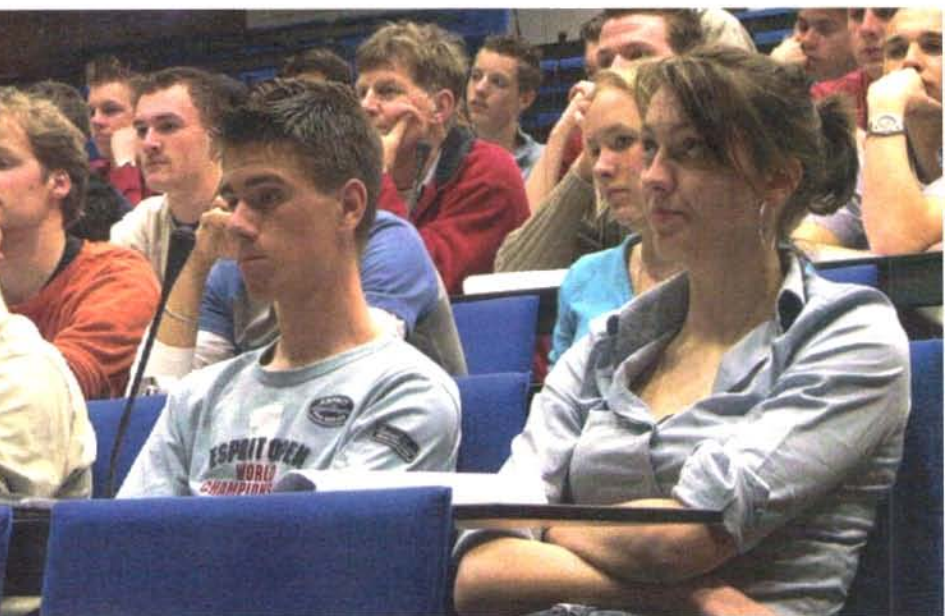
relä när denna tröskel överskrider. Detta relä kan användas för att styra, till exempel, en fläktmotor eller för att öppna eller stänga en ventil.

Sensorteknik

Den bäst kända metoden för att mäta CO₂-koncentrationen kallas för NDIR (non-dispersive infrared absorption) eller infraröd absorptionsspektroskopi. Den utnyttjar det faktum att CO₂ absorberar infrarött ljus med en våglängd

på 4270 nm. Detta ger mycket selektiva och noggranna mätningar av CO₂ partiellt tryck, särskilt vid höga koncentrationer. Mätningar av låga CO₂-koncentrationer kräver en lång optisk bana genom gasen vilket betyder en fysiskt stor sensor och, beroende på den precisionsoptik som är inblandad, höga kostnader.

CO₂-sensorer med våt elektrolyt är mer kompakta, men på grund av deras begränsade stabilitet och hållbarhet så används de inte i ventilationsapplikationer. Gassensorer som använder fast elektrolyt är mer lämpliga. Men på grund av dålig stabilitet och reproducerbarhet och en utgång som är starkt beroende av den omgivande luftfuktigheten så har det varit svårt att massproducera dem på ett effektivt sätt. Men för några år sedan lyckades Figaro, en välkänd tillverkare av gassensorer med halvledare, utveckla en process för tillverkning av långtidsstabila CO₂-sensorer med reproducerbara egenskaper och lågt luftfuktighetsberoende som standardkomponenter. Resultatet blev gassensorn TGS4160. För den CO₂-meter som beskrivs här har en uppdaterad och miniaturiserad version av TGS4160, TGS4161, använts. Figur 1 visar konstruktionen av sensorn, som är tillverkad av en solid elektrolyt som



är känslig för CO_2 på ett keramiskt substrat. Den andra sidan av substratet är uppvärmt för att minimera effekterna av variationer i den omgivande temperaturen.

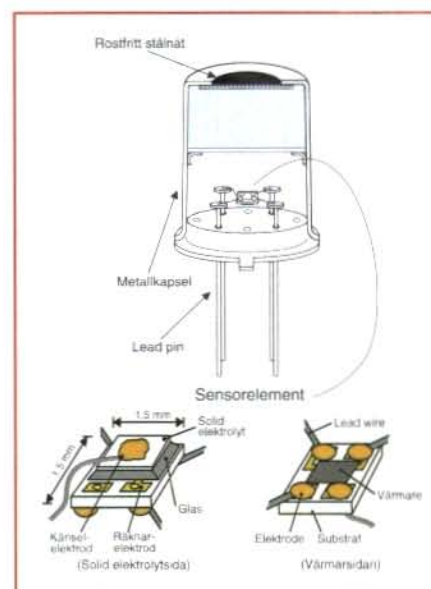
En permanent ström som flyter genom en högimpedanssensor kommer att skada den och därför skall ingångsimpedansen hos mätkretsen vara över $100\ \Omega$ med en biasström på mindre än $1\ \text{pA}$. Detta kan uppnås med hjälp av kommersiellt tillgängliga CMOS-opampar (operationsförstärkare), se figur 2. Den kalla resistensen hos värmelementet ligger runt $70\ \Omega$. Det kan anslutas direkt till en 5-V matning från vilken det drar runt $50\ \text{mA}$ och avger således runt $250\ \text{mW}$.

Sensorcellen utvecklar en EMF (elektromotorisk kraft) vars värde är beroende på CO_2 -koncentrationen i luften. Det absoluta värdet beror på den speciella enheten och hur den lagras. Skillnaden mellan den EMF som utvecklas i en CO_2 -koncentration på $350\ \text{ppm}$ (frisk luft) och den som utvecklas i högre koncentrationer är mycket stabil. Denna EMF-skillnad, plottad mot CO_2 -koncentrationen på en logaritmisk skala, ger en rak linje (figur 3). Figuren visar också att sensorn inte är känslig för koloxid eller etanol.

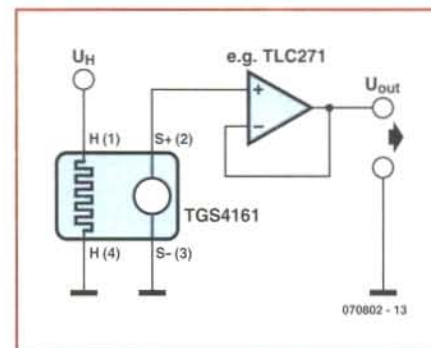
Mätmodul

Som vi redan nämnt så kan sensorn lida av drift och är således inte helt idealisk för att mäta den absoluta CO_2 -koncentrationen i luften. Den är dock mycket lämplig för att mäta CO_2 -koncentrationen i förhållande till frisk luft. Cellspänningen tas till en mikrokontroller där signalkonditionering utförs med hjälp av en specialutvecklad algoritm som tar fram och sedan använder EMF-värdet för frisk luft. För att förenkla användningen av CO_2 -sensorn producerar Figaro två moduler vilka, liksom TGS4161-sensorn, inkluderar en komplett fabrikskalibrerad signalkonditioneringskrets baserad på en mikrokontroller. I CDM4161-modulen (figur 4) är detta en PIC16LF88. Tabell 1 visar de viktigaste egenskaperna hos denna enhet och pinckonfigurationen visas i tabell 2.

Den analoga utgången (pinne 2) levererar en DC-nivå mellan $0\ \text{V}$ och $4\ \text{V}$, vilket motsvarar en CO_2 -koncentration på mellan $0\ \text{ppm}$ och $4000\ \text{ppm}$ (0% till $0,4\%$). Pinne 3 lämnar en switchingsignal som går från låg till hög (från $0\ \text{V}$ till $5\ \text{V}$) när ett tröskelvärde för CO_2 -koncentrationen överskrids. Ett par byglar (jumprar) gör att man kan välja mellan fyra förprogrammera-



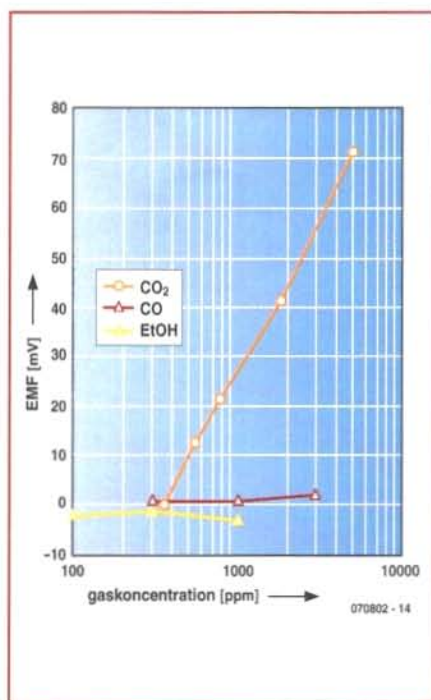
Figur 1. Konstruktionen av sensorn. Katoden (detekterings-elektroden) består av ett lager litiumkarbonat (Li_2CO_3) på guld, medan anoden (referenselektroden) är bara guld. Mellan dessa finns den solida elektrolyten.



Figur 2. Sensorelementet måste anslutas till en mycket hög ingångsimpedans.

Tabell 1. Egenskaper för en CDM4161 CO₂ mätmodul i korthet

Mätområde:	ungefär 400 ppm (frisk luft) till 4000 ppm
CO ₂ -sensor:	TGS4161 med solid elektrolyt (10 års livslängd under normala arbetsförhållanden)
Arbetstemperaturområde:	-10 °C till +40 °C
Lufftuktighetsområde:	5 % till 70 % relativ lufftuktighet (icke-kondenserande)
Uppvärmning/kalibreringstid:	2 timmar
Responstid:	2 minuter (till 90 % av laddning)
Noggrannhet:	ungefär ±20 % av slutvärdet
Mätperiodtid:	1 sekund
Effektförbrukning:	ungefär 300 mW
Nominell matningsspänning:	5 V (se tabell 2)



Figur 3. CO₂-känsligheten hos TGS4161 (och okänsligheten för koloxid och etanol).

de tröskelvärden (se tabell 3). Modulen har också tre indikator-LED som visar dess status (se textrutan för mer detaljer).

När spänningen läggs på (5 V på pinne 1) startar en två timmar lång uppvärmnings och kalibreringsfas. Under denna period skall modulen placeras i frisk luft så att mikrokontrollern kan kalibrera kretsen till korrekt nivå. Den gröna LED-en blinkar under denna period och utgångsspänningen på pinne 2 förblir konstant vid 0,4 V. När sekvensen avslutas lyser den gröna LED-en konstant. Den CO₂-koncentration som sensorn utsätts för under denna uppvärmningsfas bildar referensnivån (eller baslinjen) vid vilken kretsen kommer att skicka ut 400 mV på pinne 2. Mikrokontrollern anser således att CO₂-koncentrationen under uppvärmningsfasen är ca 400 ppm. För varje variation på 1 pp, från denna referensnivå så ändras utgångsspänningen ungefär 1 mV. Om den omgivande CO₂-koncentrationen inte är 400 ppm under uppvärmningsfasen kommer referensnivån att

avgöras felaktigt och det kommer att finnas ett motsvarande offsetfel vid kretsens utgång och de switchnings-trösklar som gäller för pinne 3. För att undvika en allmän gradvis drift av kretsens kalibrering skall modulen då och då exponeras för frisk luft med en CO₂-koncentration på 400 ppm. En tryckknapp på kretskortet gör att referensnivån kan återställas manuellt. När knappen trycks in tar mikrokontrollern det aktuella uppmätta värdet som en ny referensnivå, motsvarande 400 ppm. Detta sker också om knappen trycks in under uppvärmningsfasen. I detta fall slutar den gröna LED-en direkt att blinka och modulen anser att uppvärmningen är klar och switchar över till normalt operationsmod.

Trimpotentiometern på kortet används endast för fabriksinställningen och ska inte justeras. Det finns två testpunkter på kortet som kan vara intressanta, den buffrade utgången hos TGS4161-sensorn som finns på CP3 och sedan CP4 som ger en temperaturberoende spänning tagen från en NTC-termistor som används för temperaturkompensering av sensorn.

Minimodul

Den nyare minimodulen CDM41161A (figur 5) kan användas i stället för CDM4161 i CO₂-metern. Huvudskillnaden ligger i användningen av ytmonterade komponenter och att den är billigare än storebror, PIC-en i CDM4161 är ersatt med den fysiskt mindre R5F211-B1SP 16-bitars mikrokontroller från Renesas. Huvudfunktionerna är identiska, men det finns några små skillnader som man skall vara medveten om:

1. Kontakterna är något mindre.
2. Det finns inte någon resetknapp på kortet.
3. Pinne 4 är inte längre felsignalutgången utan är nu en resetingång. En knapp ansluten mellan pinnarna 4 och 5 har samma funktion som den knapp som sitter på den större modulen. Alternativt kan pinne 4 drivas hög av en extern krets för samma effekt.
4. Eftersom det inte finns någon direkt felsignal tillgänglig används nu pinnarna 2 och 3 tillsammans för att indikera en felkondition, pinne 2 går låg (till 0 V) och pinne 3 går hög. En fläkt som aktiveras av utgången på pinne 3 kommer därför att startas i händelse av ett fel på samma sätt som den startas om CO₂-koncentrationen blir för hög.
5. Under uppvärmningsfasen går pinne 2 (uppmätt CO₂-koncentration, 0 V till

Tabell 2. Pinnekonfigurationen för CDM4161 CO₂ mätmodul

Pinne nummer	Funktion	Detaljer
1	Matningsspänning + U _B	3.5 V till 5.5 V, 5 V typiskt, max ström-förbrukning 60 mA
2	Mätutgång	0.4 V till 4 V DC (vid 400 ppm till 4000 ppm CO ₂ koncentration)
3	Switchad utgång	För switchingsuppträdande se tabell 3; låg = 0.2 V, hög = +U _B - 0.6 V (typiskt vid 1 mA last), maximum spänning 5.5 V, maximum last 25 mA
4	Felutgång	Öppen-kollektorutgång, maximum IC = 100 mA, maximum UCE = 50 V, switchas till jord när sensorns värmeelement är öppen krets eller när tröskeln överskrids.

4.2 V) till 4.5 V, i stället för till 0.4 V som sker med den större modulen.

6. Det finns inte några byglar på kretskortet och det finns därför bara en enda fast tröskelspänning för utgången från pinne 3. Trösklarna är 1000 ppm för switchning från låg till hög och 900 ppm för switchning från hög till låg.

7. Det finns inga LED på kortet.

Baskort

Den egentliga kretsen för CO₂-metern visas i figur 6 och dess kretskort visas i figur 7. CO₂-mätmodulen kopplas till K7 och en 2-raders LCD-panel är kopplad till K8. Det finns socklar för båda modulvarianterna (CDM4161 och CDM4161A). Om du använder CDM4161A-modulenså är det några ändringar i

LED-indikatorer

(CDM4161-modul)

Grön LED:

Blinkar under uppvärmnings och kalibreringsfasen på två timmar och lyser sedan kontinuerligt när modulen används.

Gul LED:

Fel-LED som blinkar när felutgången är aktiv (se tabell 1).

Röd LED:

Indikerar när den förinställda CO₂-koncentrationströskeln överskrids: blinkar när switchningsutgången pinne 3 är hög (se tabell 2).

själva bygget som skall utföras. Om det behövs en resetknapp måste denna läggas till externt (till pinne 4) och det valfria relät Re2 utelämnas.

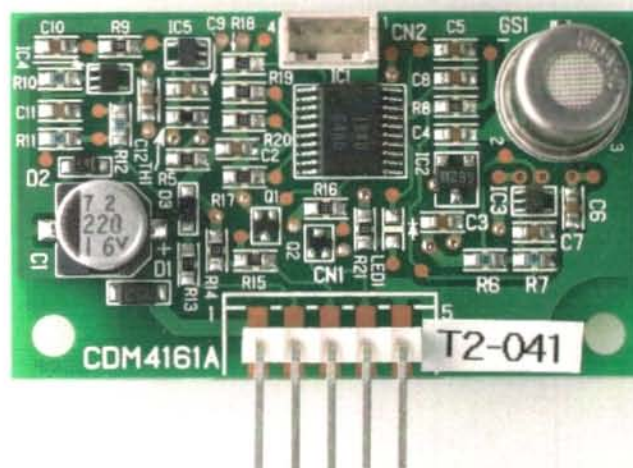
Kretsen är ganska enkel. Mikrokontrollern ATtiny26 (IC2) har det lätta jobbet att läsa av den analoga utgången hos mätmodulen (på stift 2 på K7), digitalisera den och sedan visa resultatet på den 2-radiga LCD-panelen. Den övre raden på displayen visar den aktuella avläsningen och trenden som indikeras av ett plustecken (om CO₂-koncentrationen ökar) eller ett minustecken (CO₂-koncentrationen minskar). Den undre raden visar avläsningen på analogt sätt som en stapel som sträcker sig över hela området från 0 ppm till 4000 ppm. P1 justerar displayens kontrast.



Figur 4. Figaro CDM4161 modulen inkluderar en TGS4161 sensor och en komplett fabrikskalibrerad signalkonditioneringskrets baserad på en PIC16LF88 mikrocontroller.

Tabell 3. Bygelinställningar för att välja CO₂-koncentrationströsklar för switchningsutgången (endast CDM4161-modulen)

Inställning	JP3	JP4	CO ₂ -tröskelvärde (ppm)	Switchande utgång (pin 3)	Relä Re1 kontakt
I	öppen	öppen	800 720	Låg till hög Hög till låg	sluten öppen
II	öppen	sluten	1000 900	Låg till hög Hög till låg	sluten öppen
III	sluten	öppen	1500 1350	Låg till hög Hög till låg	sluten öppen
IV	sluten	sluten	2000 1800	Låg till hög Hög till låg	sluten öppen



Figur 5. Kretsen för CDM4161A varianten skiljer sig i det att den använder SMD-komponenter och är mindre och billigare än den version som visas i figur 4.



Figur 6. Kretsschemat över CO₂-metern med en ATtiny26 mikrokontroller, som digitaliserar den analoga utgången från modulen på K7 och driver en 2-radars LCD-panel.

Strömförsörjningen för kretsen, inklusive modulen, kommer från 5-V spänningsregulatorn IC1, som förväntar sig en likspänning på K3 på 8 V-14 V. Kretsens maximala strömförbrukning ligger runt 150 mA.

Förutom att visa CO₂-koncentrationen erbjuder CO₂-metern också en tröskelswitchningsfunktion med hjälp av reläet Re1 som styrs av pinne 3 på K7. Därmed kan ett ventilationssystem switchas till när tröskelvärdet överskrids. Ett valfritt andra relä styrs av pinne 4 på K7. Detta relä aktiveras om det skulle uppstå ett fel för att, till exempel, starta ett larm eller aktivera ett ventilationssystem som står stand-by. Som vi redan sagt kan detta relä bara användas tillsammans med den större modulen då pinne 4 på K7 i den mindre modulen är en resetingång.

Det relä som föreslås i komponentlistan kan switcha upp till 10 A vid 230 V.

Programmering och användning

Att bygga kretsen är tämligen enkelt om du använder det kretskort som visas i figur 7. Mikrokontrollern finns att

köpa färdigprogrammerad från Elektor Shop (se komponentlistan) eller så kan du programmera den själv. (Som vanligt finns källkoden och hexfilen att hämta från vår websida). De nedladdade filerna innehåller mycket viktig information när det gäller hur de så kallade 'configuration fuses' hos ATtiny26 mikrokontrollern skall programmeras. Mikrokontrollern skall monteras i en sockel så att den lätt kan bytas ut eller tas bort för omprogrammering. En in-system programmeringskontakt (ISP, K6) finns också på kortet vilket gör att mikrokontrollern kan omflashas på plats med hjälp av lämplig programmeringshårdvara, såsom det USB-programt som vi publicerade i nummer 5/2007.

Innan du monterar mikrokontrollern, LCD:n och CO₂-modulen på kortet skall du kolla att alla de övriga komponenterna är monterade korrekt och att lödningarna är rätt gjorda. Anslut sedan en nätadapter (8-14 V, 150 mA) till K3. Verifiera att LED D2 tänds och att det finns 5 V på de relevanta pinnarna hos IC2 (pinnarna 5 och 15), på K7 (stift 1), K8 (stift 2) och K6 (stift 2).

Ta bort nätadaptern och montera IC2, LCD:n och CO₂-modulen. Kontrollera allting igen en sista gång och anslut återigen nätadaptern till K3. Den gröna LED-en på modulkortet skall börja blinka och LCD:n skall visa en koncentration på 0,04%. Om displayen är blank så försök att justera kontrasten med hjälp av P1.

Om du nu trycker på modulens resetknapp kommer den gröna LED-en att sluta blinka och i stället lysa kontinuerligt. Samtidigt kommer den visade avläsningen att ändras. Om du nu andas ut på sensorn kommer den visade avläsningen att stiga snabbt eftersom utandningsluften innehåller ganska mycket koldioxid.

Om allting fungerar korrekt så här långt kan du nu ta ut metern i den friska luften och låta den genomgå sin två timmar långa uppvärmnings och kalibreringsprocess. Efter detta skall du lämna enheten påslagen och CO₂-metern är redo för tjänst!

CO₂: inte bara ett klimathot

Koldioxid (CO₂) är en färglös och luktfri gas. En kubikmeter har en vikt på ungefär 2 kg (samma volym med luft har en vikt på 1,3 kg jämförelsevis). CO₂ produceras genom bränning eller nedbrytning av kolbaserade substanser som trä (eller liknande biomassa), olja och kol och deras derivater, samt andningen hos människor och djur. Å andra sidan hämtar plantor CO₂ ur luften och använder kolet för sin tillväxt. Det finns därför en jämvikt i atmosfären som vi vet, genom analys av glaciärisar, har varierat märkbart över tiden, även utan inflytande av människan.

Sedan begynnelsen av industrialiseringen av Europa i början av 1900-talet har det skett en kontinuerlig ökning av CO₂-koncentrationen i atmosfären på grund av människans aktiviteter då vi använder fossila bränslen, som naturligtvis bara är omvandlad biomassa och därför former av kollagring. Att elda upp en liter brännolja eller diesel skapar (förutom ca 10 kWh energi) 2,6 kg CO₂; att bränna 0,9 m³ naturgas (som också producerar runt 10 kWh) skapar 2,1 kg CO₂. Utsläppen världen över ligger i storleksordningen 36 miljarder ton årligen. CO₂-nivåerna är nu de högsta under åtminstone de fyrahundratusen senaste åren vilket, tillsammans med andra växthusgaser som metan (som i huvudsak kommer från jordbruket) leder till en global uppvärmning med en hastighet som aldrig förekommit tidigare.

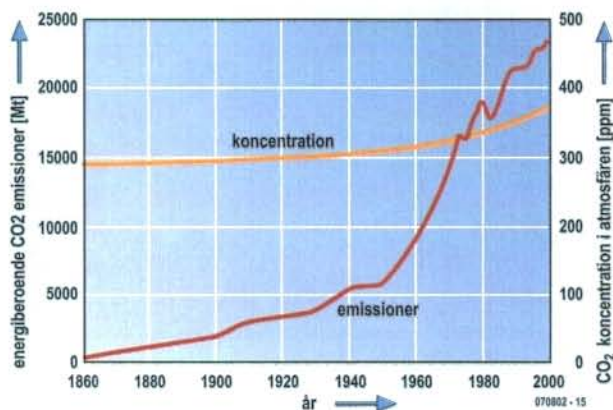
Lite fler siffror: I frisk utomhusluft är världsgenomsnittet av CO₂-koncentrationen räknat i volym runt 380 ppm (1 ppm = en miljondel eller 0,0001%). Detta stiger med ca 1,5 ppm till 2 ppm per år. Jämförelsevis var den atmosfäriska CO₂-koncentrationen för 20 000 år sedan bara ca 220 ppm och i början av den industriella eran (runt 1850) var den 260 ppm. I städerna är naturligtvis koncentrationen högre än 380 ppm, i huvudsak på grund av uppvärmning av byggnader och av trafiken. Typiska värden ligger runt 700 ppm och över.

I stängda utrymmen överskrider dessa värden ofta kraftigt, speciellt om många människor samlas i ett rum. CO₂-koncentrationen i en människans utandningsluft är ungefär 4-5% vilket, om den andades in direkt av en annan människa, skulle leda till yrsel. Varje utandning från en vuxen person innehåller ungefär 30 ml koldioxid, som med 16 utandningar per minut ger upp till 30 liter per timma. Tio personer i ett rum på runt 80 m² som är 3 meter högt till tak kommer att fördubbla CO₂-koncentrationen från 500 ppm till 1000 ppm på bara 1,5 timma! 40 personer i samma rum (och då är det fortfarande inte fullpackat) kommer att ta CO₂-koncentrationen upp till 3000 ppm inom en timma. I praktiken har koncentrationer på 4000 ppm uppmätts i klassrum efter en lektion och toppar på upp till 7000 ppm har uppmätts i biografen.

Hur påverkar detta hälsan? I normala koncentrationer är koldioxid inte giftig. Den maximalt tillåtna koncentrationen på arbetsplatser i Sverige är 5000 ppm, eller 0,5%. Kortvarig exponering på upp till 15000 ppm, eller 1,5% är tillåtet. Vid 3% börjar folk få andningsproblem och vid 6% uppvisar människor tecken på förlamning. Den dödliga dosen ligger mellan 8% och 10%. Dödsfall inträffar i brunnar, källare, silon (speciellt som ett resultat av jäsningsprocesser) gruvor etc. Liksom med betydligt mer giftiga gaser som koloxid (bildas ofta vid brand) och svavelväte (från kloakbrunnar och biogasfabriker) så skall du i en händelse av en olycka absolut inte försöka att klättra ner för att rädda någon som blivit medvetslös eftersom gasen är tyngre än luft och samlas i håligheter, dalar och låga områden. Det skedde en koldioxidkatastrof i Kamerun 1986 när kratersjön Nyos fick ett utbrott och skickade ut ca 1,6 miljarder ton av gasen. Gasen flöt in i två låga dalar och dödade runt 1700 människor och ett oräkneligt antal djur. De kvävdes helt enkelt då koldioxiden trängde undan den 'vanliga' luften.

Även om det i detta fall var syrerik luft som ersattes av CO₂, så är detta inte det enda sätt som den har en skadlig inverkan. Även en CO₂-koncentration så lågt som 2% kan påverka andningen. Dessutom löses mer CO₂ i blodet vilket gör det surare (tänk på den lite syrliga smaken hos bubblande mineralvatten som bara är koldioxid upplöst i vatten).

Detta i sin tur försämrar möjligheten för hemoglobinmolekylerna i de röda blodcellerna att ta upp syre. Dessa två effekter leder till minskad tillgång till syre för kroppens celler även om koncentrationen av syre i luften är normal (runt 21%). Ett stearinljus är därför inte någon speciellt pålitlig sensor! Även vid betydligt lägre CO₂-koncentrationer märks

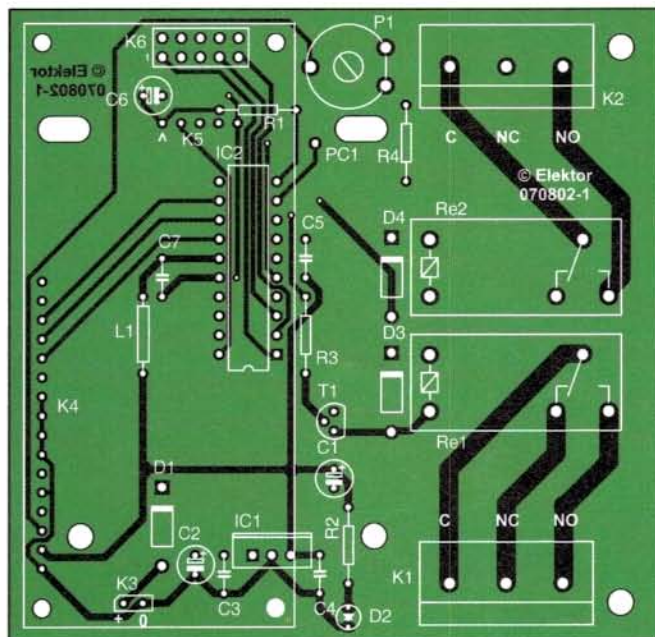


CO₂-koncentration i volym och dess effekter (värden i %)

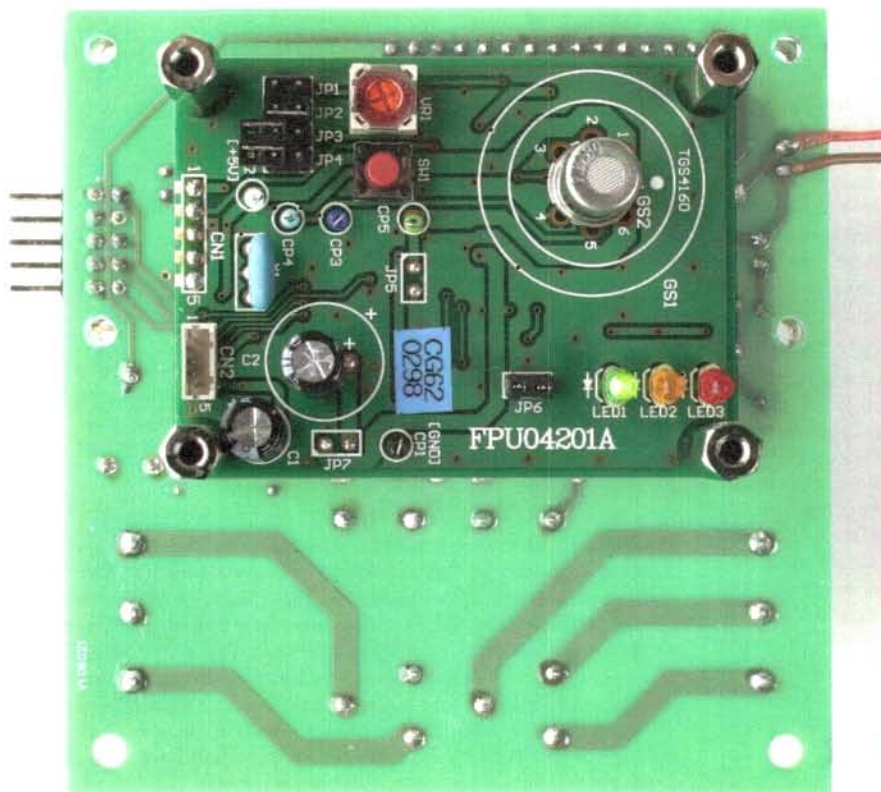
0.038	världsmedelvärde (= 380 ppm)
0.07	stadsluft (utomhus)
0.08	ökat luktsinne
0.14	stadsluft (inomhus)
0.4	maximalt värde i klassrum
0.5	gräns för långtida arbetsplatsexponering (= 5000 ppm)
2	gräns för korttida arbetsplatsexponering
2.5	förgiftningsliknande effekter på dykare
3	ökande svårigheter att andas
4 - 5.2	utandningsluft
5	början till yrsel och medvetslöshet
6 - 8	tecken till förlamning
8 - 10	dödlig dos

effekten på hälsa och välmående. Vid 800 ppm ökar känsligheten att känna lukter och ger det subjektiva intrycket av 'dålig luft'. Det finns naturligtvis många andra substanser som försämrar luftkvaliteten, men trots detta kan CO₂-koncentration anses vara den viktigaste faktorn när det gäller kvaliteten på inomhusluften. Att gå in i ett 'kvavt' rum ger många gånger en direkt önskan efter frisk luft, den så kallade 'konferensrumseffekten' (öppna fönstret). Om du sitter i ett sådant rum kanske du under vissa förhållanden inte märker den stadigt ökande CO₂-koncentrationen. Då kan vår CO₂-meter vara nyttig, speciellt då den kan indikera trenden tillsammans med det absoluta värdet på koldioxidkoncentrationen.

För er som vill läsa mer om Kamerunkatastrofen: <http://www.neatorama.com/2007/05/21/the-strangest-disaster-of-the-20th-century/>



Figur 7. De huvudkomponenter som finns på kretskortet är mätmodulen, LCD-panelen, mikrokontrollern och ett eller två reläer.



Figur 8. Labbprototypen med CDM4161 sensorkortet monterat på kortets lödsida. Notera de breda banorna för anslutningen till reläkontaktarna.

Weblänkar

http://www.figaro.co.jp/en/make_html/item_2_sen_112115.html (datablad)

<http://www.sensorsandtransmitters.com>

KOMPONENTLISTA

Motstånd

R1, R3 = 10k Ω
R2 = 1k Ω
R4 = 47k Ω
P1 = 10k Ω trimpot

Kondensatorer

C1, C2 = 10 μ F 25V radial
C3, C4, C5, C7 = 100nF
C6 = 10 μ F 25V radial

Halvledare

D1, D3, D4 = 1N4001
D2 = LED, lågströms
T1 = BC547B
IC1 = 7805
IC2 = ATtiny26-16PC, programmerad,
Elektor Shop # 070802-41

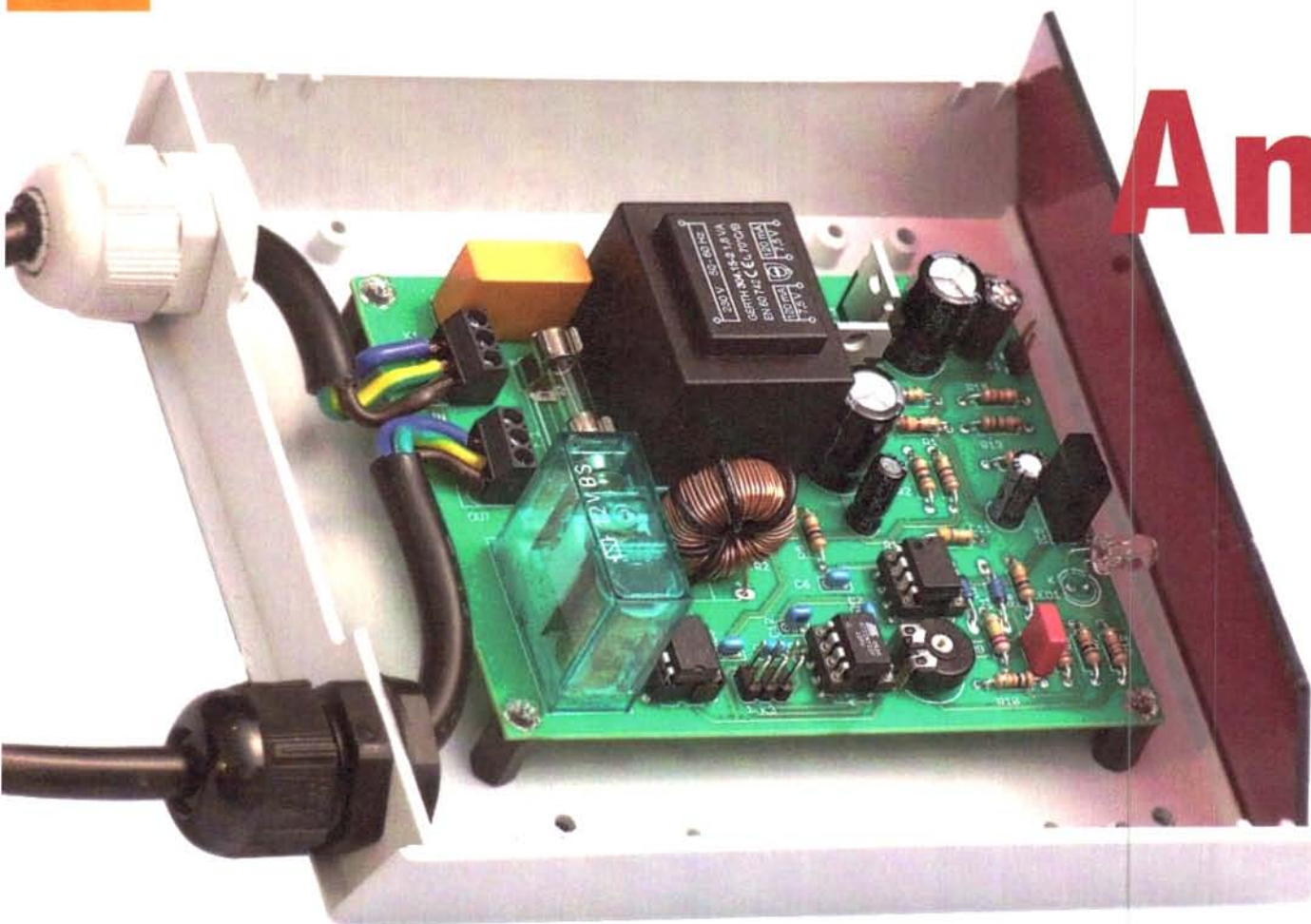
Spole

L1 = 10 μ H

Övrigt

Re1, Re2 = 5V-relä, SPDT, 250V/10A AC,
t.ex. Panasonic JW1FSN-5V
LC-display, 2x16 tecken, t.ex. Display-
tech 162
Figaro CO₂ mätmodul typ CDM4161 eller
CDM4161A (se text)
Kretskort, Elektor Shop # 070802-1 eller
byggsats # 070802-71 (alla kompo-
nenter, kretskort, programmerad ATtiny,
och CO₂-modul)
Projektmjukvara och kretskortslayout: gra-
tis nedladdning från www.elektor.com

Anti-



Om miljörelsen fått som den ville skulle standby-funktionen hos elektriska apparater ha varit bannlyst från början. Det skulle naturligtvis bli ett ramaskri från de som använder funktionen om detta skulle bli verklighet idag, men det är helt klart att det finns behov av att bättre förstå alla de problem som är inblandade. Även om en lag av detta slag skulle skapa en mer hälsosam livsstil för alla soffpotatisar som ägnar sig åt non-stopsport varje kväll, och definitivt skulle vara välgörande för miljön och ekonomin, så återstår dock frågan om befolkningen som helhet skulle tolerera ett förbud att använda TV-ns fjärrkontroll. Helvetet fryser förmodligen till is först...

Slösare...

I verkligheten är det alldeles för många apparater för så kallade 'home entertainment' som är mycket dåligt utrustade när det gäller stand-by, eller viloläge. Billiga satellitmottagare, till exempel, är normalt inte försedda med en wall-wart (väggvärta eller nätadapter) som klarar standbyoperation. Ofta förblir stora delar av elektroniken strömsatta hela tiden och det är bara displayen på frontpanelen som släcks av kosmetiska skäl. Den här typen av hafskretsar känner man igen bara genom att ta på dem, de är rejält varma även i standby-

mod och det är uppenbart att de fortfarande drar en hel del ström. En mer vetenskaplig uppskattning (kanske inte helt, glöm inte effektivvärden och fasförskjutning) är naturligtvis att mäta energiförbrukningen.

Men det är inte bara billiga produkter från Fjärran Östern som suger i sig en massa kräm. Det finns fortfarande många välkända apparater från 'tjock-TV' tiden som knappast är oskyldiga och som förbrukar en hel del watt även när de gör absolut ingenting. Och att spola en fullt fungerande TV-apparat på grund av dess höga strömförbrukning i standbymod är knappast ekonomiskt vettigt när tillverkningen av en ersättare och transporten över halva världen bränner upp ännu mer energi. Lika krasst är det faktum att datorer och deras kringapparater, som av många anses vara det bästa av high-tech, begår de värsta ekologiska 'brotten' idag som samtidigt är de lättaste att lösa. De flesta av dessa apparater har inte någon äkta frånkopplare utan är i stället försedda med standbykretsar över vilka användaren inte har någon direkt kontroll. Nätspänningsbrytaren styr bara lågspänningsdelen och även när apparaten verkar vara frånslagen så förbrukar den ändå flera watt utan någon som helst logik eller ändamål. Bärbare datorer är värre än stationära när det gäller detta, de ex-

terna nätdelarna i moderna exemplar har inte någon switch alls. Såvida du inte drar ur dem ur väggkontakten så förblir enheten permanent ansluten till nätspänningen.

...och sparare

För närvarande är prispressen och okunskapen hos konsumenterna sådan att detta är ett no-go område för politikerna. Att lägga förslag om att tvinga tillverkarna att implementera äkta energibesparing (med en effektförbrukning på noll eller nära noll) är ingen röstvinare och folk i allmänhet visar ingen egentlig önskan att adoptera energisparande åtgärder. Men med tanke på hur snabbt elpriserna stiger och att de förmodligen exploderar inom en nära framtid så är den lilla energi som slösas bort av apparater som står standby trots allt energi som är enkel att identifiera och spara. Och när folk börjar att känna smärta i plånboken kanske de blir mindre tanklösa. Även om de fortsätter tänka att de inte kan göra någonting åt detta själva och att 'grön' logik inte är övertygande så finns det fortfarande sätt på vilket smart elektronik kan hjälpa till att minska detta energislösande utan att behöva gå tillbaka till stenåldern (före fjärrkontrollens tid).

När det gäller PC-datorer och deras

-standbyswitch

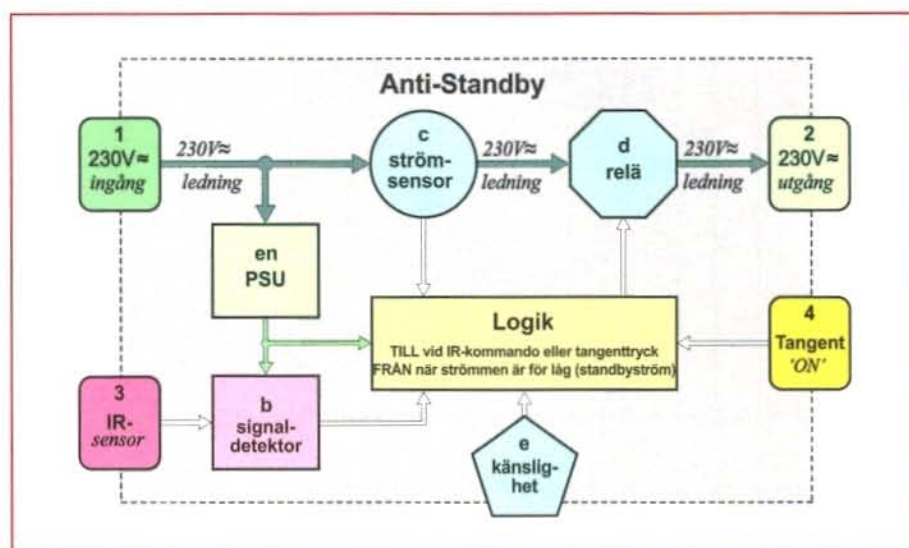
Fungerar också med fjärrkontroll!

Dr. Thomas Scherer

Energisnålt är en måste-egenskap hos de hushållsapparater som säljs idag men det finns fortfarande miljoner äldre, och kanske inte så gamla, apparater som slukar energi i det alltför bekväma standbyläget. Den anti-standbyswitch som vi beskriver här sparar vår planets energi – och vår egen.

kringapparater så är det förmodligen för mycket begärt att förvänta sig att konsumenterna skall kolla de 'gröna' betygen på energieffektiviteten innan de bestämmer sig för en ny maskin. Men lösningen är ganska enkel. Intelligent grenkontakter som stänger av strömmen till kringapparaterna automatiskt när PC:n stängs av eller, om detta inte går, en grenkontakt (eller eluttagslist som det också kallas) med en master till/frånkopplare och problemet är ur världen. Folk som inte vill krypa under skrivbordet (men inte heller vill att nätkablarna skall ligga på skrivbordet) kan välja den version där du kan 'döda' med en handhållen fjärrkontroll.

Lösningar som den switchbara grenkontakten har en distinkt nackdel när det gäller applikationer för 'home entertainment'. Bekvämligheten försvinner ju helt och hållet om du inte längre kan sätta på och stänga av TV:n med hjälp av fjärrkontrollen. Då lämnas förmodligen apparaterna på längre än nödvändigt eller så stängs de inte av alls. För de glömska bland oss så finns det speciella mellanswitchar (Standby-switch, Standby-saver osv.) som övervakar den ström som flyter i apparaten och som kort efter det att den gått in i standbymod stänger av strömmen helt och hållet. Lösningar av detta slag har den fördelen att knappast någon ener-



Figur 1. Blockschemat över anti-standbyswitchen.

gi slösas bort på standbyström. Nackdelen är att du inte längre kan väcka upp TV:n med dess fjärrkontroll. Med dessa halvintelligenta switchar så måste du trycka på en extra knapp för att väcka dem igen och därmed försvinner en del av fördelarna.

Om vi kommer överens om att det 'hel-elektroniska' sättet är det bästa så skall en sann intelligent (och bekväm) omkopplare reagera för infraröda fjärrkontroller och leverera effekt i samma ögonblick som apparaten switchas till

utan ytterligare användarinblandning. På detta sätt kan lyx och ekologi kombineras på ett genialiskt sätt, och det är precis vad den krets som vi beskriver här gör.

Anti-standbyadapter

Det krävs ingen större tankemöda för att se att en adapter som stänger av tomgångsströmmen (viloströmmen) och som har infraröd uppvakning i princip inte är mer än en extern standby-



Figur 2. Kretsen för anti-standbykretsen omfattar två spänningsregulatorer, tre 8-pinnars IC-kretsar och ett bistabilt relä.

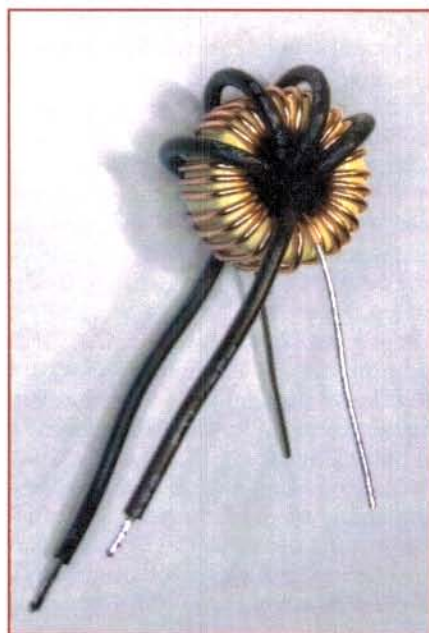
Den huvudsakliga skillnaden mellan en 'universell' och en 'skräddarsydd' standbylösning är att den krets som visas här har måttbeställts med tanke på energisparande. Vad mera är, den reagerar på i stort sett vilket knapptryck som helst från i stort sett vilken infraröd fjärrkontroll som helst på marknaden. Det betyder att du kan uppgradera en befintlig apparat med dåliga standbyegenskaper med en lösning som är mycket ekonomiskt och som minskar standbyströmmen rejält. Ett annat sätt att beskriva vår anti-standbyswitch är *standbyförbättrare*. Och eftersom den reagerar på alla fjärrkontroller behöver den ingen installation

eller någon som helst konfiguration, det är en äkta plug-and-play-lösning. När vi nu har visat de primära funktionerna hos denna adapter så låt oss se hur det fungerar. Figur 1 visar de viktiga funktionerna i detalj. Interfacet till världen utanför omfattar en 230-VAC nätspänningsingång och utgång tillsammans med en infraröd sensor och en tryckknapp för manuell operation - bara fyra funktionselement totalt. När en knapp trycks in på den infraröda fjärrkontrollen och registreras av IR-sensorn (3) levererar signaldetektorn en triggerpuls (eller mer än en) till kretsens styrlögik. Detta aktiverar relät (d) och 230-VAC utgången (2) får ström. Dessutom övervakas strömflödet under några sekunder (c). Om

Sparsam elektronik

Att använda ett motstånd som strömsensor går inte eftersom det kan få andra komponenter i närheten att överhettas. I stället använder vi en hemgjord transformator baserad på en konventionell avstörningsdrossel av ringkärnetyp (figur 3), där primärindningen består av tre eller fyra lindningar som du gör själv av isolerad kopplingsråd på 0,5 mm². Självinduktansen spelar ingen större roll i denna

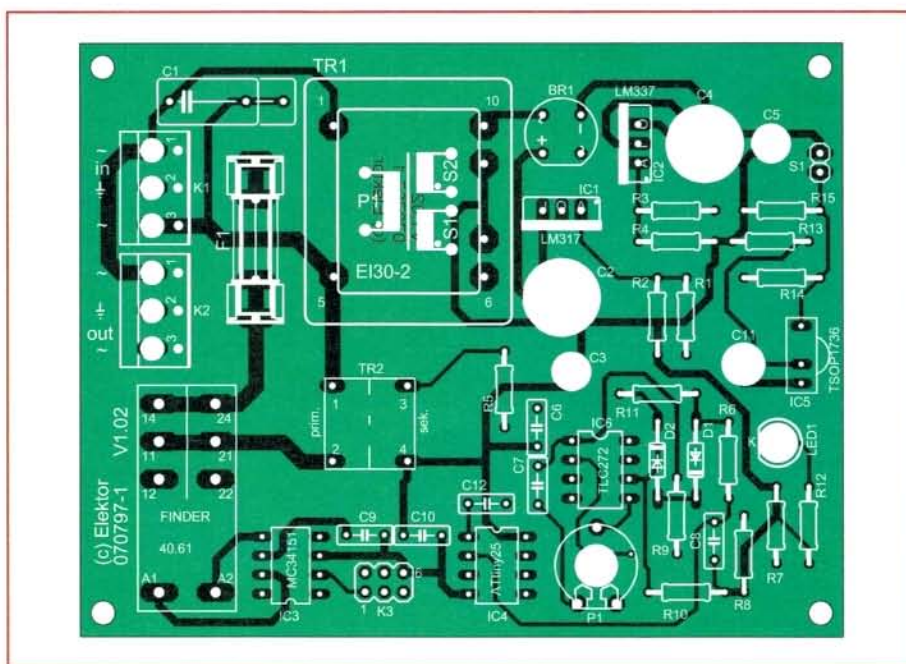
applikation och då spolar av denna typ generellt använder 30-40 varv så får vi en strömsniffande transformator med en lindningsförhållande på ungefär 1:10. Sekundärspänningen multipliceras ca 23 gånger av A1 och förstärks ytterligare med en faktor 48 i A2 och halvvågsl riktas. Den totala förstärkningen kan ställas in mellan 50 och 1000 med känslighetsregulatorn P1. Då det interna tröskelvärde hos IC4 för standbyoperation ligger runt -0,5 V (spänningen vid C8, ett spänningsfall på runt 0,1 mV på primärsidan hos Tr2 är tillräckligt). Om du finner känsligheten otillräcklig kan du öka R8 eller gräva dig in i mjukvaran och minska känslighetskonstanten där. Du skall dock undvika värden under



Figur 3. I denna design är Tr2 av en liten störningsdämpardrossel av ringkärntyp med tre eller fyra extra lindningar utanpå den.

50. C8 är en filterkondensator för den DC-spänning som motsvarar strömmen (tröskelvärde -0,5 V) som med summan av R6, R10 och R11 skapar en tidskonstant på 50 ms. R6 används enbart för att begränsa pulserande laddningsströmmar.

IR-sensorn och signaldetektorn är kombinerade i IC5, som behöver typiskt mindre än 1 mA vid 5 V. Det finns olika versioner av denna IC, med maximala känsligheter mellan 30 och 56 kHz. Experiment har dock visat att de inte är så smalbandiga. Med hjälp av totalt åtta egna fjärrkontroller och tre lånade från en granne så uppmättes en räckvidd på mer än 10 meter i samtli-



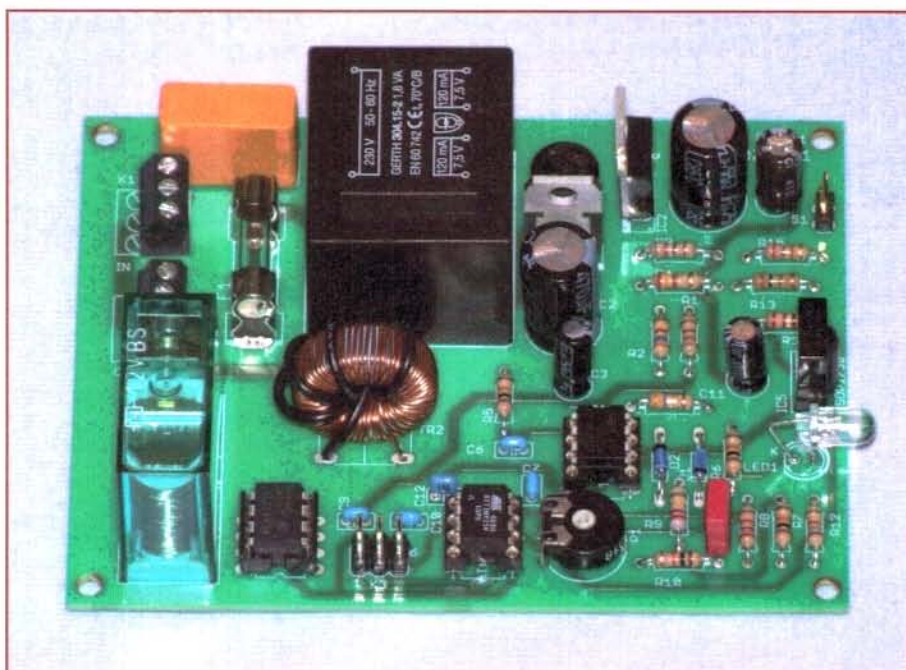
Figur 4. Så här monteras komponenterna på kretskortet (PDF-fil av kretskortslayouten finns att hämta gratis på www.elektor.com).

ga fall med 36-kHz versionen av IC-n. I praktiken kan du använda i stort sett vilken typ som helst.

Nu över till logiken. Funktionaliteten kan vara en viktigare faktor än strömförbrukningen när det gäller mikrokontroller, men i vilket fall som helst så använder den 8-pinnars ATtiny25 från AVR som vi använder här mindre än 100 μ A när den körs vid den bekvämt låga designfrekvensen på 128 kHz.

De sex I/O-pinnarna och den låga klockfrekvensen är mer än tillräckligt för detta modesta jobb. Om du känner för att göra mjukvaran mer komplex kan du överväga en typ med mer internt programminne, som ATtiny45 (som har 4 kB) eller ATtiny85 (8 kB). Den medföljande mjukvaran fungerar med alla tre utan förändring med bara 800 byte.

Den mikrokontrollern inte kan lämna till-



Figur 5. Den färdigbyggda anti-standbyswitchen.

KOMPONENTLISTA

Motstånd

R1,R3 = 820Ω
R2 = 3kΩ
R4 = 2kΩ, 1%
R5,R6,R7,R10 = 10kΩ
R8 = 2kΩ
R9 = 220kΩ
R11 = 470kΩ
R12 = 1kΩ
R13 = 100Ω
R14 = 220Ω
R15 = 22kΩ
P1 = 47kΩ

Kondensatorer

C1 = 100nF (250VAC)
C2,C4 = 470μF (16V)

C3,C11 = 10μF (16V)
C5 = 100μF (16V)
C6,C7,C9,C10 = 100nF (63V)
C8 = 220nF (63V)
C12 = 10nF (63V)

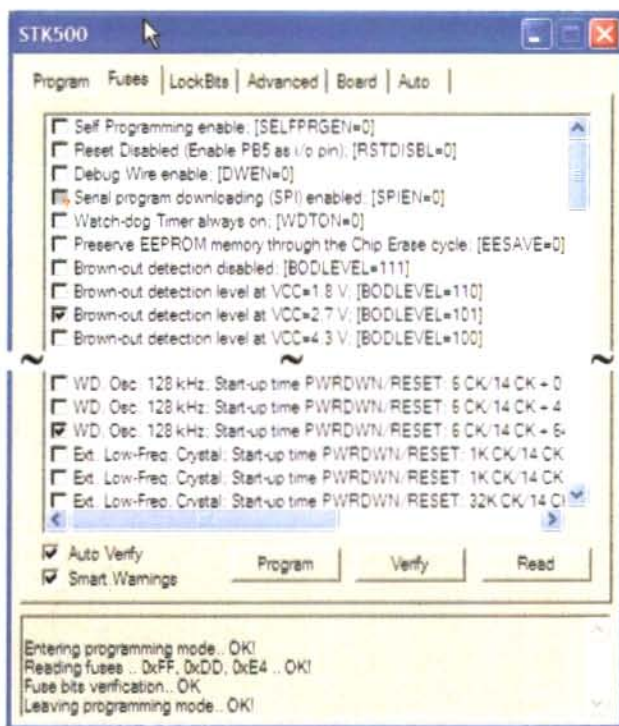
Halvledare

D1,D2 = BAT43 (Schottky)
LED1 = LED, 5 mm, röd
Br1 = B40C800, rund, 40V piv, 0.8A
IC1 = LM317T (T0220-hölje)
IC2 = LM337T (T0220-hölje)
IC3 = MC34151
IC4 = ATtiny25-10V*, programmerad,
ordernr **070797-41** från Elektor Shop
IC5 = TSOP 1736 (36 kHz IR-mottagare*)
IC6 = TLC272 eller TL062*

Övrigt

F1 = säkring 3.15AT (trög) med hållare för kretskort och hätta
Re1 = 12V bistabilt* (1 x växlande) med 16-A kontakt, t.ex. Finder # 40.61.6 12V
S1 = tryckknapp, 1 slutande kontakt
Tr1 = nättransformator, 2x7.5V* @ 1.5 VA
Tr2 = 2A avstörningsdrossel, ringkärna (med 4 varv 0.5 mm²)*
K1,K2 = 3-pol kopplingsplint
K3 = 6-pol DIL stiftlist (2x3 stift)
Kretskort **070797-1** från Elektor Shop,
www.alltomelektronik.se

* se text



Figur 6. 'Säkringarna' i ATtiny25 mikrokontroller bränns på detta sätt.

räckligt med effekt från sina utgångspinnar så använder vi en till CMOS-drivarmodul som endast behöver några få μA tomgångsström och som samtidigt tar hand om den nödvändiga nivåomvandlingen från 5 V till 12 V. Denna lilla drivare kan inte lämna mer än 2x1,5 A max. Push-pullfunktionen gör att vi slipper skyddsdiodes trots induktansen i reläspolen.

För de två opamparna har vi valt lågströmstyper (en TLC272 på runt 1,5 mA eller en TL062 på ca 0,2 mA), vilket betyder att hela elektroniken drar runt 50-80 mW. Jämfört med energikraven hos konventionella standbyswitchar så är detta försumbart. Under ett år skulle det inte ens komma upp i en enda kilowattimma om det inte vore för transformatorn. Dessa har i sig själva förbättrats betydligt under de senaste decennierna, men man får räkna med förluster på 100-400 mW för miniatyrtyperna i 1-2 VA området. Att använda en komponent med hög kvalitet är därför förnuftigt. Bortsett från denna kostar det inte speciellt mycket att bygga detta projekt.

Bygget och programmeringen

Att bygga projektet är ganska enkelt tack vare kretskortet i figur 4. Vi rekommenderar socklar för IC-kretsarna och absolut för mikrokontrollern (om du tänker programmera den externt). Tack vare kontakten K3 kan du också 'bränna' IC4 på plats med hjälp av en ISP-programmerare som den USBprog vi hade i nummer 5/2007.

Mjukvaran du behöver finns i filen ANTI-STANDBY.HEX tillsammans med den kommenterade källtexten ANTI-STANDBY.BAS. Du hittar båda på den websida som relaterar till denna artikel. Som du för-

```
Remote_isr
  If Relay = 0 Then
    Waitas 1
    If PINE 2 = 0 Then
      Relay = 1
    End If
  End If
Return
```

'Button from remote control pressed
'If relay is reset
'Blocks sporadic short pulses from TSOP13XX
'Relay should be set

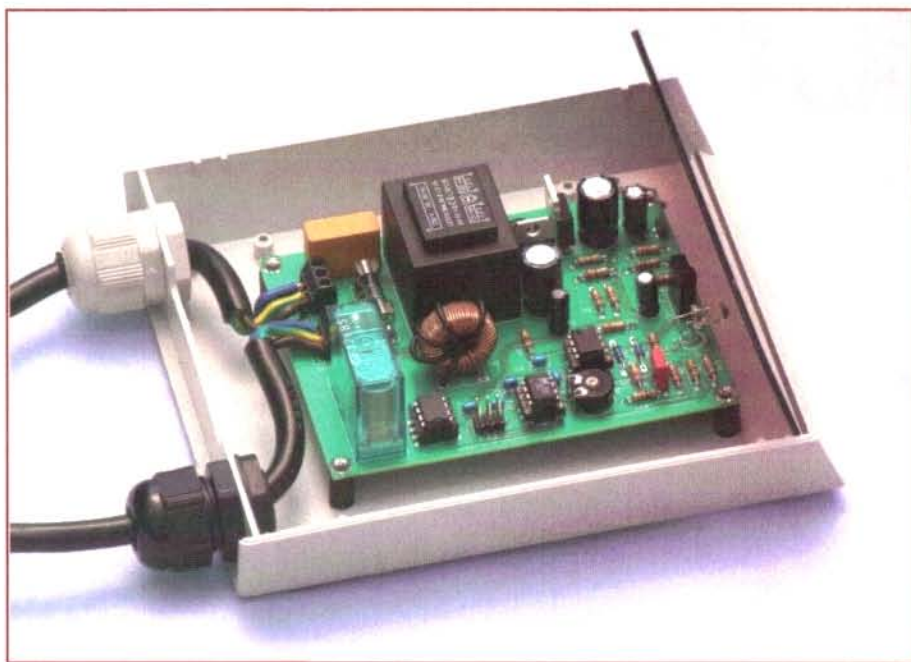
Figur 7. Utdrag ur mjukvaran. Denna interruptrutin dämpar alla störningspulser som kan genereras av IC5.

modligen redan förstått är källtexten avsedd för BASCOM-AVR kompilatorn som det finns en gratis demoversion av [6] som är fullt tillräcklig. Implementeringen i BASIC betyder att eventuell trimning du vill göra inte är något problem. I listan hittar du ett ställe (figur 7) där ett kosmetiskt fel relaterat till IC5 rättas till. Denna IC producerar sporadiska störningspulser med en längd på några få μs som patchen gör betydelselösa.

Om du planerar att använda reläet och säkringen till sin maximala kapacitet för att switcha tunga laster så kan det vara värt att 'förstärka' de banor som bär 230 VAC med koppartråd som löds ovanpå banorna och sedan välja ett lämpligt värde på säkringen. Och det behöver väl knappast påpekas att en krets som bär nätspänning måste byggas enligt de föreskrifter som finns när det gäller elektrisk säkerhet.

Om du planerar att använda ett annat bistabilt relä än det vi föreslår i komponentlistan (ett med två spolar) så skall du låsa textrutan.

När alla komponenter löts på plats och IC4 har programmerats kan du montera kretsen i en ABS-låda. Det är bäst att använda en låda som har en genomskinlig röd plastfront (figur 8) så att IR-strålarna hittar fram till IC5. Det enklaste sättet att hantera nätledarna är förmodligen att ansluta anti-standbyswitchen i serie med sig egen dedikerade grenkontakt. En 4-polig grenkontakt passar för en TV-mottagare med ansluten satellitmottagare och en DVD-spelare eller videobandspelare. Efter ledningsdragning och switch-on (utan någon last ansluten) skall LED-en förbli släckt. När du trycker på knappen



Figur 8. Anti-standbyswitchen i sin plastlåda med genomskinlig röd frontpanel.

S1 eller någon knapp på fjärrkontrollen skall du höra ett klickande ljud från relät och LED-en skall tändas. Efter ungefär 10 sekunder skall du höra ytterligare ett klickande ljud från relät och LED-en skall släckas. Om detta händer så har du förmodligen fått till det hela på rätt sätt.

(070797-1)

Weblänkar

[1] ATtiny25 datablad:

<http://www.datasheets.org.uk/pdf/attiny25-datasheet/attiny25-datasheet.html>

[2] TSOP17XX datablad:

www.vishay.com/docs/82030/82030.pdf

[3] MC34151 datablad:

<http://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC34151-D.PDF>

[4] Relädatablad:

www.finder.de/comuni/pdf/S40DE.pdf

[5] Hur ett remanent relä fungerar:

<http://www.schrackrelays.com/lexicon/MagnetSystemE.asp>

[6] BASCOM-AVR kompilator:

www.mcselec.com

Bistabila reläer

För att undvika att slösa bort energi i vår anti-standbyswitch så har vi valt ett speciellt relä som enbart drar ström under de korta växlingsmomenten. Det finns två typer av bistabila reläer som uppfyller dessa krav, det låsande reläet (som hålls i läge av en mekanisk låsning eller ett fjädertryck tills det växlas) eller det remanenta reläet (som opereras av en aktiverande likström och sedan hålls i detta läge av remanensen (kvarstående magnetism) i magnetkretsen tills det växlar när strömmen flyter i den andra riktningen. Med remanerande reläer är ett omvänt strömflöde på mellan 10 och 25 procent av arbetsströmmens värde i allmänhet tillräckligt för att återställa reläet.

I vår applikation är aktiverings och deaktiveringsspänningarna för reläet desamma och använder både tidslängden och polariteten som differentiatorer. Mjukvaran ger reläet en puls på 100 ms längd (med typiskt 100 mA) för att aktivera det medan en omvänd puls på 10 ms räcker för att återställa det.

Förutom det rekommenderade reläet (figur 9) kan du använda ett remanent relä med två separata spollindningar. I detta fall används en spole för att låsa reläet och en spole för att låsa upp det. En ända av varje lindning är då ansluten till -5 V. De två andra ändarna är anslutna till pinne 7 (latch, lås) och pinne 5 (unlatch, lås upp). Om reläet inte låser upp måste en lindning polvändas och/eller så skall bredden på upplåsningspulsen (en konstant i mjukvaran) ökas.



Figur 9. Det bistabila remanentrelä som användes i prototypen.

Mångsidig DC-effekt

Spänning, ström och lite till

Oliver Micic

Alla nätaggregat värda namnet skall kunna visa spänningen och strömmen. Denna kompakta mätmodul för ett likspänningsaggregat kan användas med nya aggregat eller äldre som saknar denna möjlighet. Och tack vare modern mikrokontrollerteknik erbjuder den också några extra busegenskaper.

Tekniska data

- Spänningsområde: 0–30 V
- Max ström: 5 A eller 50 A
- Toppstöm (I_p)
- Effektområde: 1–999 W
- Effektmättningsområde (beroende på JP1): 150 W / 800 W
- Elektrisk effekt i kWh
- Batteriladdning i Ah
- Arbetstid i timmar eller minuter (i dagar efter 1 vecka)
- Bargrafdisplay för effekt
- Valt displayalternativ lagras i EEPROM
- Jumper-valbar Ah / I_p display; val också möjligt under operation
- LCD med bakgrundsbelysning
- Valfri temperatursensor med mjukvarukalibrering
- Sandwichmodul (LCD och kretskort)
- Firmwareversions tillgängliga för 2x16 och 4x20 LCD-moduler

Du sträcker dig knappast efter en lödkolv när du skall förse ett nätaggregat med ström och spänningsmoduler. Lämpliga moduler är trots allt mycket billiga och en gör-det-självlösning är faktiskt dyrare. Men ett gör-det-självinstrument som har ytterligare attraktiva och användbara egenskaper som inte finns tillgängliga på kommersiella moduler får dig kanske att tänka på detta alternativ i alla fall.

Den mätmodul som beskrivs här har en bakgrundsbelyst 2-radig eller 4-radig LC-display som visar den uppmätta spänningen och strömmen i digital form som siffror och i analog form som en bargrafdisplay (stapel). Mätområdet är 0–30 V för spänning och antingen 0–5 A eller 0–50 A för ström beroende på vilket avkänningsmotstånd (shunt) som används.

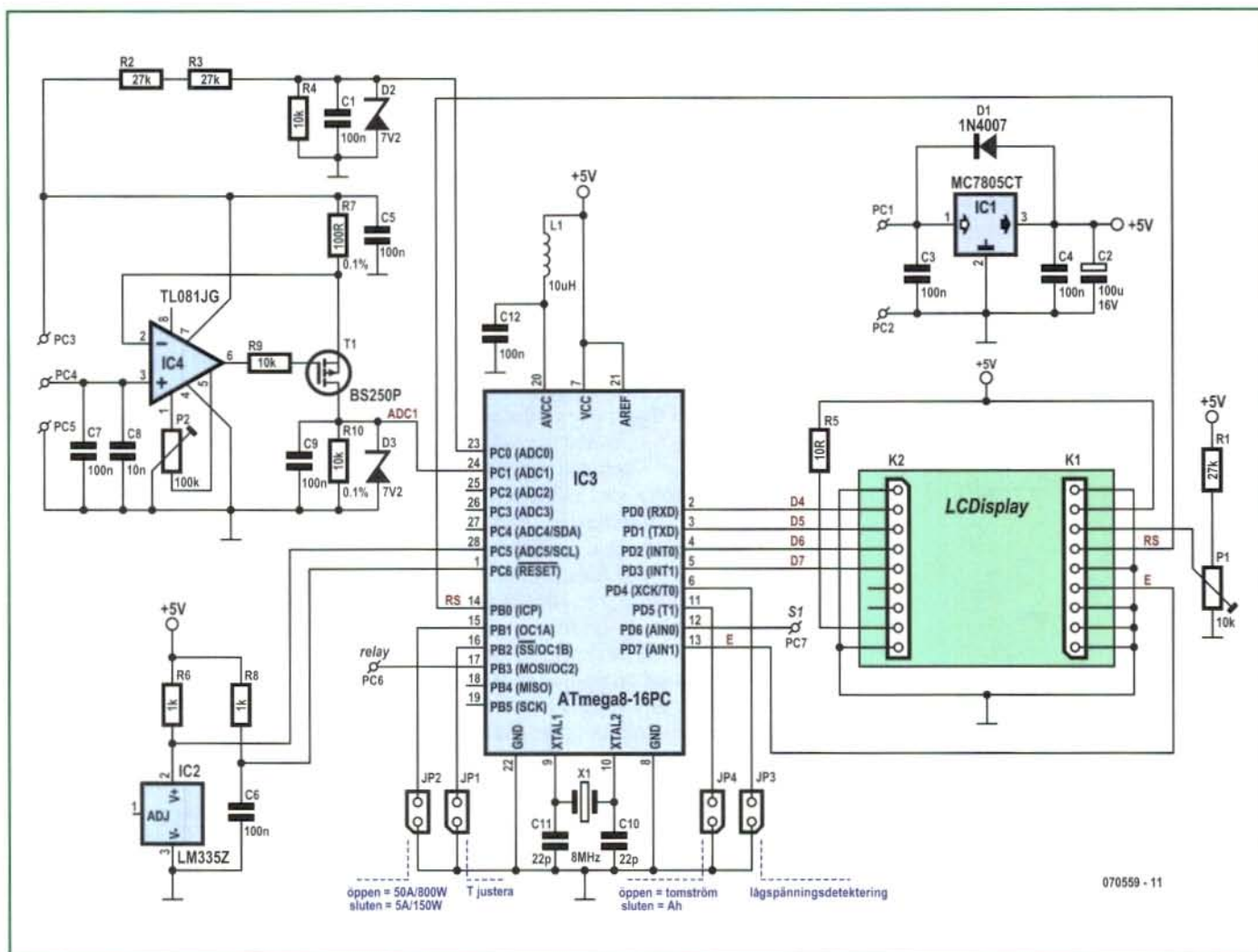
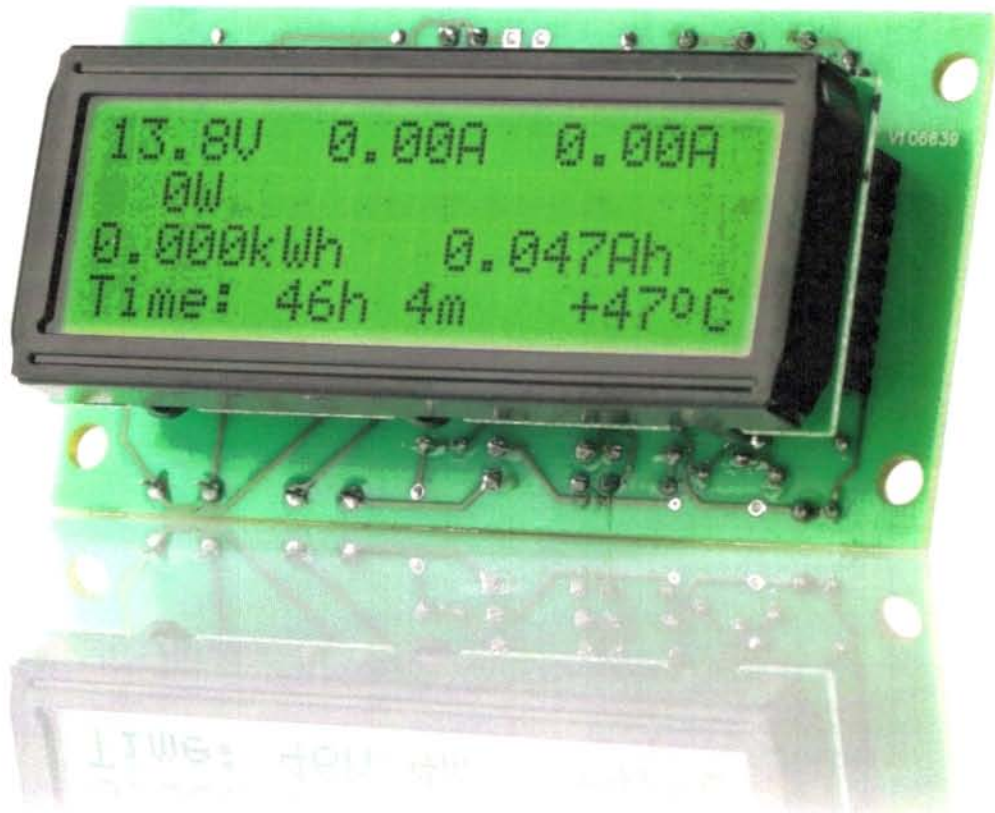
Men detta är inte allt. Tack vare mikrokontrollern kan den också visa toppvärdet på utgångsströmmen, utgångseffekten, mängd laddning i ampèretimmar (för batteriladdning eller batteridrift) och mängd levererad energi i kilowattimmar (kWh).

Det är också möjligt att programmera en switch-on tid och du kan använda en temperatursensor för att övervaka nätaggregatets kylelement eller batteritemperaturen, vilket gör att aggregatet kan switchas från med ett relä. Om ingen sensor är ansluten visas meddelandet 'no sensor' (eller 'no tmp' när en 2x16 teckens LCD används). Listan över **Tekniska egenskaper** talar för sig själv. Ytterligare egenskaper finns redan på planeringsstadiet och de kan enkelt implementeras med hjälp av uppdateringar av firmware.

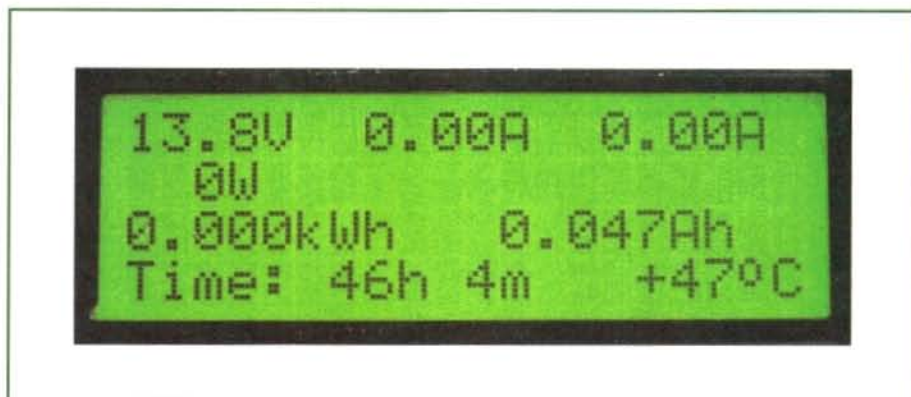
Mikrokontroller med ADC

Mätmodulen består av en DIP LCD med stiftlistor i båda ändar och ett mätkort med socklar för LCD-n. Då målet var att undvika ytmonterade komponenter på mätmodulen måste antalet komponenter i kretsen (se figur 1) hållas vid ett minimum så att all elektronik kan få plats under LCD-n. Detta gör en högpresterande mikrokontroller med en integrerad analog-till-digitalomvandlare till ett naturligt val. Vi bestämde oss för en Atmel AVR ATmega28-16PC i ett 28-pinnars DIL-hölje. Denna mikrokontroller har tre i stort sett oberoende portar och sex portlinjer till vilka displaymodulen är ansluten tillsammans med de vanliga externa komponenterna: en kristall (X1), två kondensatorer (C10 och C11) för klockan, och ett POR-

meter



Figur 1. En mikrokontroller med lite signalkonditioneringskretsar.



Figur 2. De uppmätta värdena visas på LC-displayen.

filter (power-up reset, nollställning vid uppstart), R8/C6.

Mikrokontrollerns operation styrs av en uppsättning jumprar (byglar), **JP1-JP4**, på följande sätt:

JP1 behövs bara för att kalibrera temperatursensorn och detta beskrivs längre fram.

JP2 väljer strömområdet (öppen = 50A/800 W); slutet = 5 A/150 W). Det egentliga mätområdet bestäms av värdet på avkänningsmotståndet.

Övervakningsfunktionen för under-spänning är avkopplad som förval då den inte behövs i ett nätaggregat. Men om du skulle använda mätmodulen i en annan applikation, som i en batterimatare, kan du aktivera den med jumpern **JP3**. Portlinjen PB3 (pinne

17) går aktiv om spänningen faller under 10,8 V och återgår till det inaktiva tillståndet när spänningen stiger över 11,8 V. Denna övervakningsfunktion förhindrar komplett urladdning av kraftkällan genom att använda ett relä som drivs av ett transistorsteg för att switcha från källan. Mängden hysteres är tillräckligt för att hindra reläet från att klappa. LCD:n visar den uppmätta batteriurladdningen i stället för strömmen i denna konfiguration och denna indikering försvinner när spänningen faller under 11,8 V.

Jumpern **JP4** bestämmer om 2x16-teckens displayen skall visa toppströmmen (jumpern öppen) eller mängden laddning som dras i ampèretimmar (jumpern slutet). Under normal operation (**JP4** öppen) visas följande storheter: spänning, ström, toppström och effekt. För att spara plats visas toppströmmen överst till höger utan någon enhetsymbol. Värdet uppdateras konstant för att följa det uppmätta värdet tills det börjar att avta och det toppvärde som tagits på detta sätt behålls under två sekunder. Denna jumper kan också monteras under tiden som modulen arbetar eftersom ampèretimmevärdet konstant mäts i bakgrunden. Du kan också använda en vippomkopplare på frontpanelen om du vill kunna switcha mellan de två funktionerna relativt ofta. Då en liten 2-raders LCD med 16 tecken (2x16) naturligtvis inte har tillräckligt med utrymme för att visa alla parametrarna så switchar S1 mellan toppeffektstapeln, elektrisk energi, ampèretimmar, arbetstid och temperatur. Att mäta arbetstiden gör det möjligt att relatera den elektriska effekten direkt till den gångna tiden i timmar eller dagar. Alla parametrar kan visas samtidigt om du använder en 4-radig LCD med 16 tecken (4x16), figur 2. I detta

fall är naturligtvis switchen onödig och kan utelämnas.

Analog mätelektronik

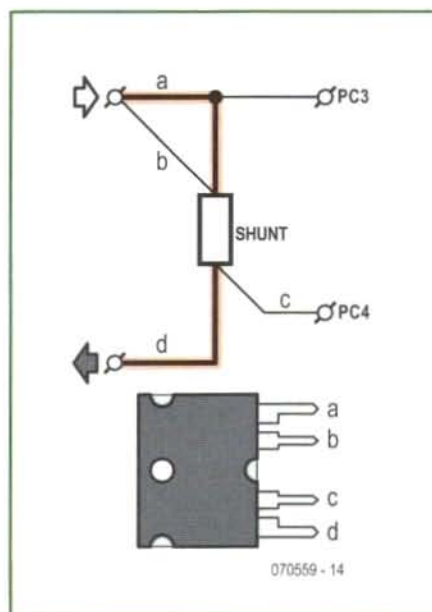
Den analoga-till-digitala omvandlaren i mikrokontrollern kommunicerar med världen utanför via pinnarna 23-28 hos port D. Här beräknar ADC0 (pinne 23) spänningen och ADC1 (pinne 24) beräknar strömmen.

Då DC-effektmetern är avsedd att visa spänningar upp till 30 V så måste den uppmätta spänningen först reduceras. En spänningsdelare bestående av R2 och R4 i kombination med R4 ger en maxspänning på strax under 4,7 V, vilket faller inom specifikationerna för mikrokontrollern. Zenerdioden D2 klipper spänningstoppar för att förhindra att de skadar mikrokontrollern.

Att mäta strömmen är inte lika enkelt. Utgångsströmmen från nätaggregatet flyter genom ett avkännings (shunt) motstånd med en mycket låg resistens, som är anslutet mellan den positiva utgången från nätaggregatets elektronik och enhetens utgångsterminal (se figur 3). Beroende på det önskade strömmättningsområdet har shuntmotståndet ett värde på 1 mΩ (för 50 A) eller 10 mΩ (för 5 A).

Shuntmotståndet har två så kallade läsledningar som är anslutna till en operationsförstärkare, opamp, (IC4). TL081 arbetar som en standard icke-inverterande spänningsförstärkare, även om det sätt på vilken den matas är något okonventionellt. Pinne 4 hos opampen är ansluten till jord som vanligt och den högsta tillgängliga rena likspänningen från nätaggregatet, som är spänningen vid den positiva utgångsterminalen på nätaggregatet, används för +U_b.

Detta mätarrangemang på den höga sidan undviker 'offsetting' av nätaggregatets jordnivå. Detta spelar ingen roll för TL081, men det betyder att strömmätning bara är möjligt vid en utgångsspänning på runt 4,5 V eller mer. Utgångsoffseten hos opampen kan bara justeras med hjälp av en extern trimpotentiometer. Utgångsspänningen från opampen matas till ADC1 på mikrokontrollern för digitalisering. Upplösningen är 50 mA per decimal med det större strömmättningsområdet (på 50 A) eftersom A/D-omvandlare har en upplösning på 10 bitar. På toppen av detta finns det ett fel på ±1 till ±2 decimaler på grund av kvanti-



Figur 3. Anslutningarna för shuntmotståndet.

seringsbrus. Det resulterande felet är 1% vid en utgångsström på 10 A. Upplösningen är 10 gånger bättre (5 mA) med 5-A området. Spänningsmätningarna är något mer noggranna med en upplösning på 30 mV per decimal. Dessa noggrannhetssiffror är helt OK tycker vi för ett arbetsbänksinstrument. Vad finns det mer? Matningsspänningen för den analoga delen av mikrokontrollern har ytterligare filtrering i form av L1 och C12. Den valfria temperatursensorn (IC2), en LM335Z, är ansluten direkt till ACD5 (pinne 28).

Naturligtvis behöver mikrokontrollern en ren 5-V matningsspänning. Denna kommer från den fasta spänningsregulatorn IC1 och dess omgivande komponenter. Lödstiften PC1 på kretskortet för mätmodulens matningsspänning är anslutet direkt till ingången på spänningsregulatorn. Regulatorn behöver en ingångsspänning på minst 8 V och kan tolerera en maximal ingångsspänning på 30 V. Denna spänning måste tappas av någonstans ifrån i nätaggregatet. Om ett 12-V batteri används matar detta också mätmodulen. I händelse av matningsspänningar över 15-V måste också kylelementet ökas proportionerligt.

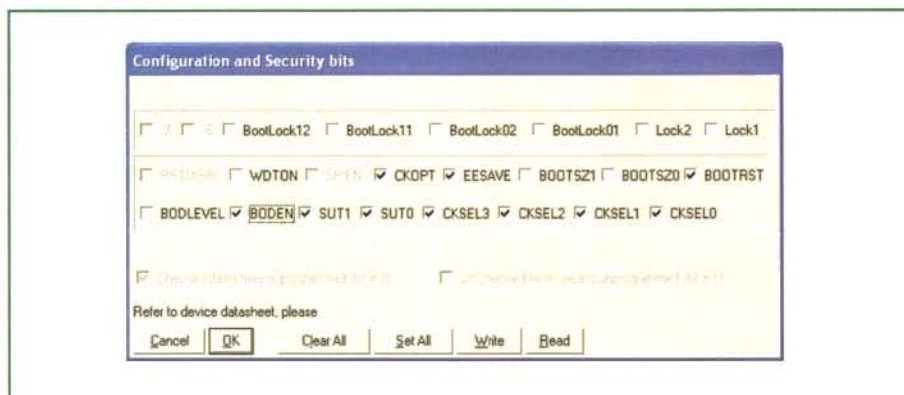
Mikrokontrollerprogrammering

Om du vill programmera mikrokontrollern själv kan du ladda ner en zipfil från Elektors websida. Den innehåller V1.16a versionen av firmware i .bin och .hex format för en LCD med 2 rader om 16 tecken vardera eller en med 4 rader om 16 tecken. Den färdigprogrammerade mikrokontroller som finns i Elektor Shop innehåller firmware för en display med 4 rader om 16 tecken.

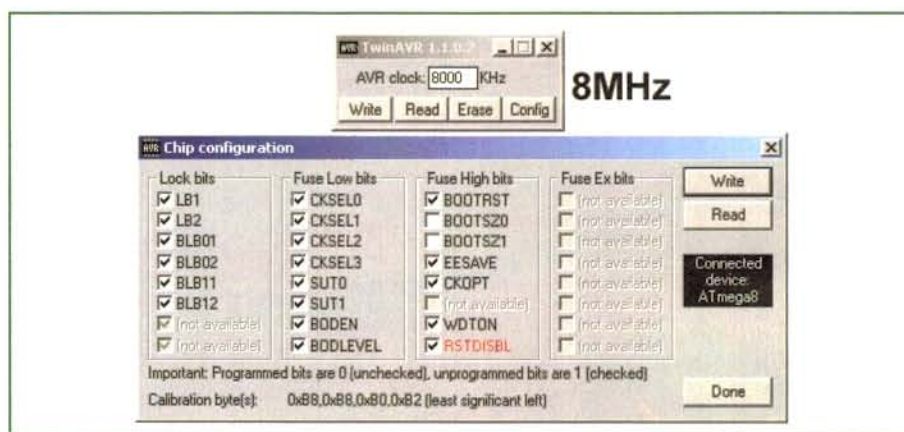
Om du gör din egen mikrokontrollerprogrammering måste du konfigurera vissa inställningar av fuse-bitarna så att programmet kan köras korrekt. Figurerna 4 och 5 visar de korrekta inställningarna i konfigureringsfönstret hos TwinAVR och PonyProg. Om du utför en firmwareuppdatering skall du direkt sätta de bitar som förhindrar EEPROM-radering under programmeringen. På detta sätt kommer den ursprungliga inställningen att behållas.

Bygga, kalibrera, och installera

Då det inte finns några ytmonterade komponenter i kretsen så är det lätt att bestycka det lilla kretskort som visas i figur 6, speciellt då mikrokontrollern och opmpen kan monteras i precisionssocklar. Lyckligtvis har samtliga dis-



Figur 4. Inställningar med PonyProg.

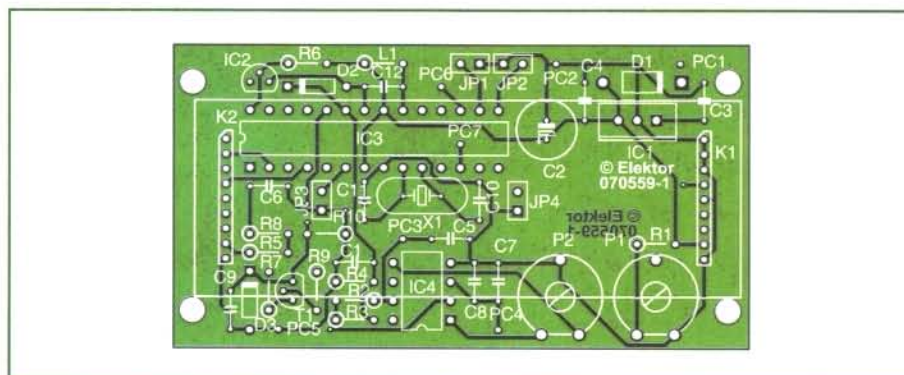


Figur 5. Chipkonfiguration med TwinAVR.

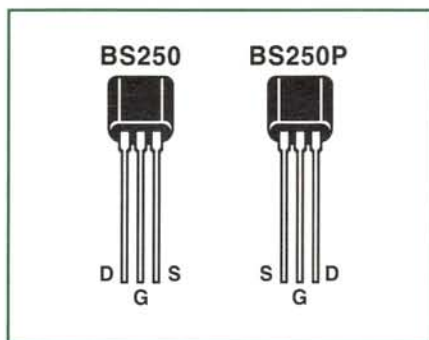
player som anges i komponentlistan samma dimensioner och pinkonfiguration så det finns inga problem här. Temperatursensorn kan monteras på kortet eller anslutas med en kort bit skärmad kabel.

En av de yttre terminalerna hos shuntens ansluts till den positiva (+) utgångsterminalen från nätaggregatet (eller + terminalen på batteriet). Känslerterminalen (sense) intill den ansluts till PC4 på effektmeteren med klen kopplings-

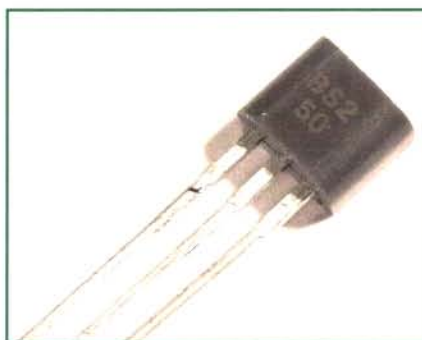
tråd. Högströmsterminalen på andra sidan av motståndet ansluts till den elektriska utgången från nätaggregatet med en bit kraftig kabel som skall vara så kort som möjligt. Slutligen ansluts PC3 på effektmeteren till den andra senseutgången hos motståndet och också till utgången från nätaggregatet. FET-en av typ BS250 finns i två olika versioner som kallas BS250 och BS250P och som har olika pinfunktioner vilket visas i figur 7. På P-versionen



Figur 6. Komponentsidan av prototypkortet.



Figur 7. BS250 FET-en finns i två versioner med olika pinkonfiguration!



Figur 8. Dessa exemplar har definitivt pinkonfigurationen för P-version, men inte matchande tryck!

KOMPONENTLISTA

Motstånd

R1 = 27kΩ
R2,R3 = 27kΩ, 1%
R4 = 10kΩ, 1%
R5 = 10Ω
R6,R8 = 1kΩ
R7 = 100Ω 0.1%
R9 = 10kΩ
R10 = 10kΩ 0.1%
P1 = 10kΩ preset
P2 = 100kΩ cermet trimpot
Precisionsshunt 1 mΩ 50 A, 0.5%* eller
10 mΩ/5 A, 0.5%*, Isabellenhütte typ
PBV R001 eller R01 (Conrad Electronics #
447315 eller # 447323)

Kondensatorer

(alla med 2.5 mm raster)
C1,C3-C7,C9,C12 = 100nF
C2 = 100μF 16V
C8 = 10nF
C10,C11 = 22pF keramik

Halvledare

D1 = 1N4004
D2,D3 = zenerdiod 7V2, 500 mW
T1 = BS250*
IC1 = 7805 (TO220)

IC2 = LM335 (TO92)
IC3 = ATmega8PC, programmerad för
4x20-LCD, ordernr **070559-41****
IC4 = TL081P (DIL)

Spole

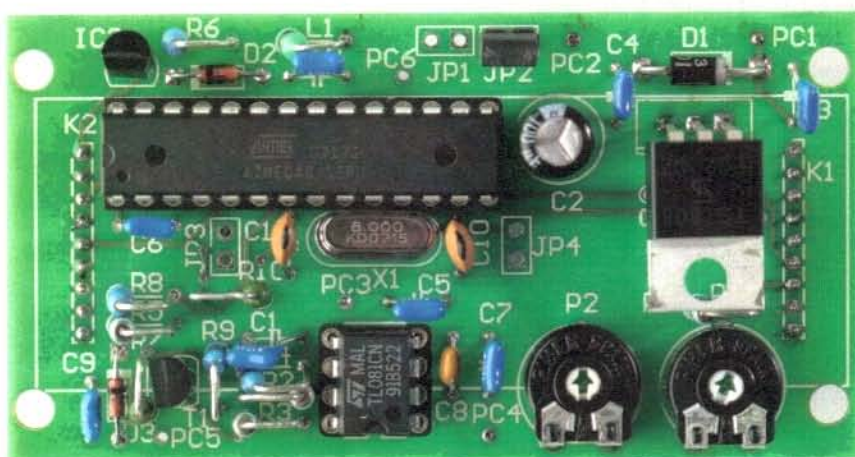
L1 = 10μH

Övrigt

X1 = 8MHz kristall
En 8-pol IC-sockel med svarvade ben
En 28-pol IC-sockel med svarvade ben
LCD 2x16 eller 4x20, DIP, med bakgrunds-
belysning, Electronic Assembly (Conrad
Electronics # 181755 resp. # 181863)
JP1 = (tillfällig) tryckknapp
JP2,JP3 = jumper eller trådbygel
JP4 = jumper eller switch, 1 slutande
kontakt*
U-profil kylelement, 12 K/W för TO220 (IC1)
4 M3i/M3a distanser, längd 18mm
två 10-pol stiftlistor, raster 2.0 mm (ta bort
1 stift)
Kretskort **070559-1****
Projektmjukvara och kretskortslayout kan
hämtas gratis från www.elektor.com

*se text

**se Elektor Shop eller
www.alltomelektronik.se



Figur 9. Komponentmonteringen på prototypkortet.

är source och drainterminalerna väx-
lade jämfört med den 'normala' versio-
nen. Men se upp, det finns P-versioner
på marknaden med 'BS250' tryck (dvs
utan P!), se figur 8. Om en BS250 löds
in med sina drain och sourcepinnar
vända åt fel håll finns det akut risk för
att A/D-omvandlaren i mikrokontrol-
lern kan skadas!

För en första test av den bestyckade
och inspekterade effektmeteren är det
bäst att ansluta den till ett 12-V bilbat-
teri eller ett nätaggregat inställt på
13,8 V med ingen last ansluten.

När du switchar till modulen för första
gången kommer du att uppmanas att
kalibrera spänningen om noggrann-
heten hos de tre motstånd R2-R4
(1%-typer) inte är tillräcklig. För att
göra detta skall du ansluta en multi-
meter till utgången och en tryck-
knapps-switch till JP1 och sedan ska
du trycka på denna switch uppre-
pande gånger tills det värde som vi-
sas på LCD:n matchar det värde som
visas på multimeteren. Detta skall göras
vid 13,8 V utan någon last. Efter det att
du ställt in spänningen accepteras kal-
ibreringen efter 10 sekunder och sparas
i EEPROM-et. Om du vill upprepa den-
na procedur håller du in knappen un-
der switch-on tills motsvarande med-
delande visas på LCD:n.

Därefter skall du justera P2 för ström-
mätning (symmetrisk justering av
opampen IC4). För att göra detta an-
sluter du en last till nätaggregatet (el-
ler batteriet), mäter strömmen med en
multimeter och justerar P2 tills LCD:n
visar samma värde.

Om du använder temperatursensorn
LM335 måste du också bestämma en
kalibreringsfaktor för denna. För att
göra detta använder du en referenster-
mometer för att mäta temperaturen och
sedan trycker du kort på knappen som
är ansluten till JP1 så många gånger
som behövs (drar pinne 6 hos mikron
till jord) för att nå det rätta värdet (1°C
ökning; rullar över till 0°C efter att ha
nått 20°C). Detta värde sparas också i
det integrerade EEPROM-et.

Använd slutligen P1 för att justera kon-
trasten på LCD:n. Därmed är kalibrer-
ingsprocessen avslutad.

Planerade uppgraderingar

Det arbetas för tillfället på en firmware-
anpassning till den nya ATmega88 el-
ler ATmega168, vilka är pinkompatibla
men med mer flashprogramminne. De
följande funktionerna är planerade el-
ler redan under utveckling:

- Minnesfunktion för arbetstid, kWh och Ah med minnestömmande funktion;
- Fritt valbart känslomotstånd (1 m Ω , 10 m Ω , eller 60-mV DIN-shuntar).

Kolla Elektors websida då och då för att se om det finns ny firmware tillgänglig.

(C70559-1)

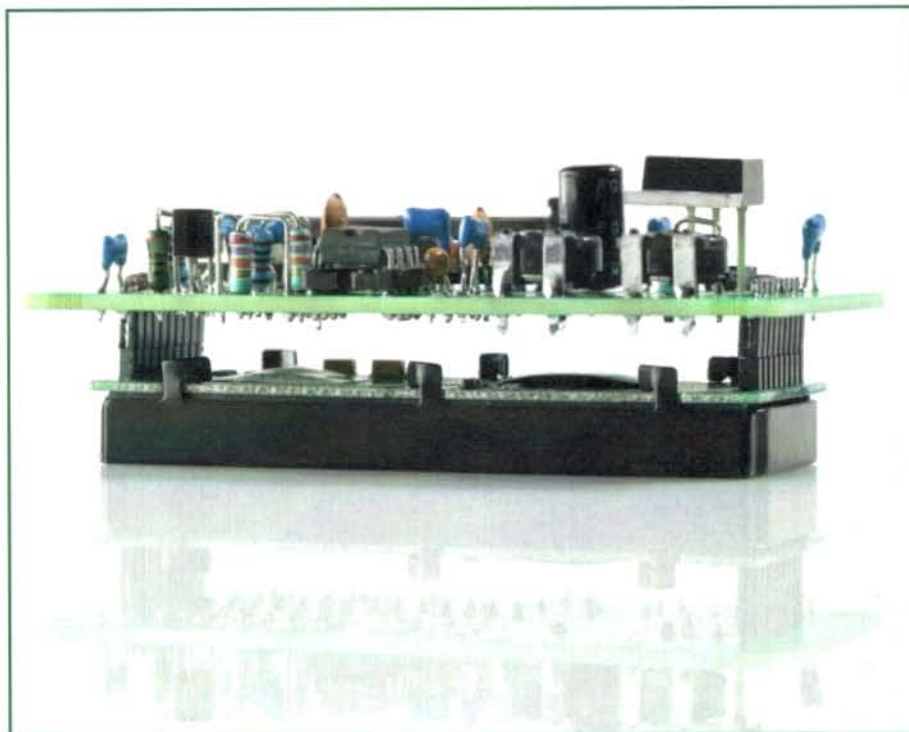
Weblänkar

Författarens websida:

<http://www.dg7xo.de/selbstbau/nt-power-modul.html>

BS250-information:

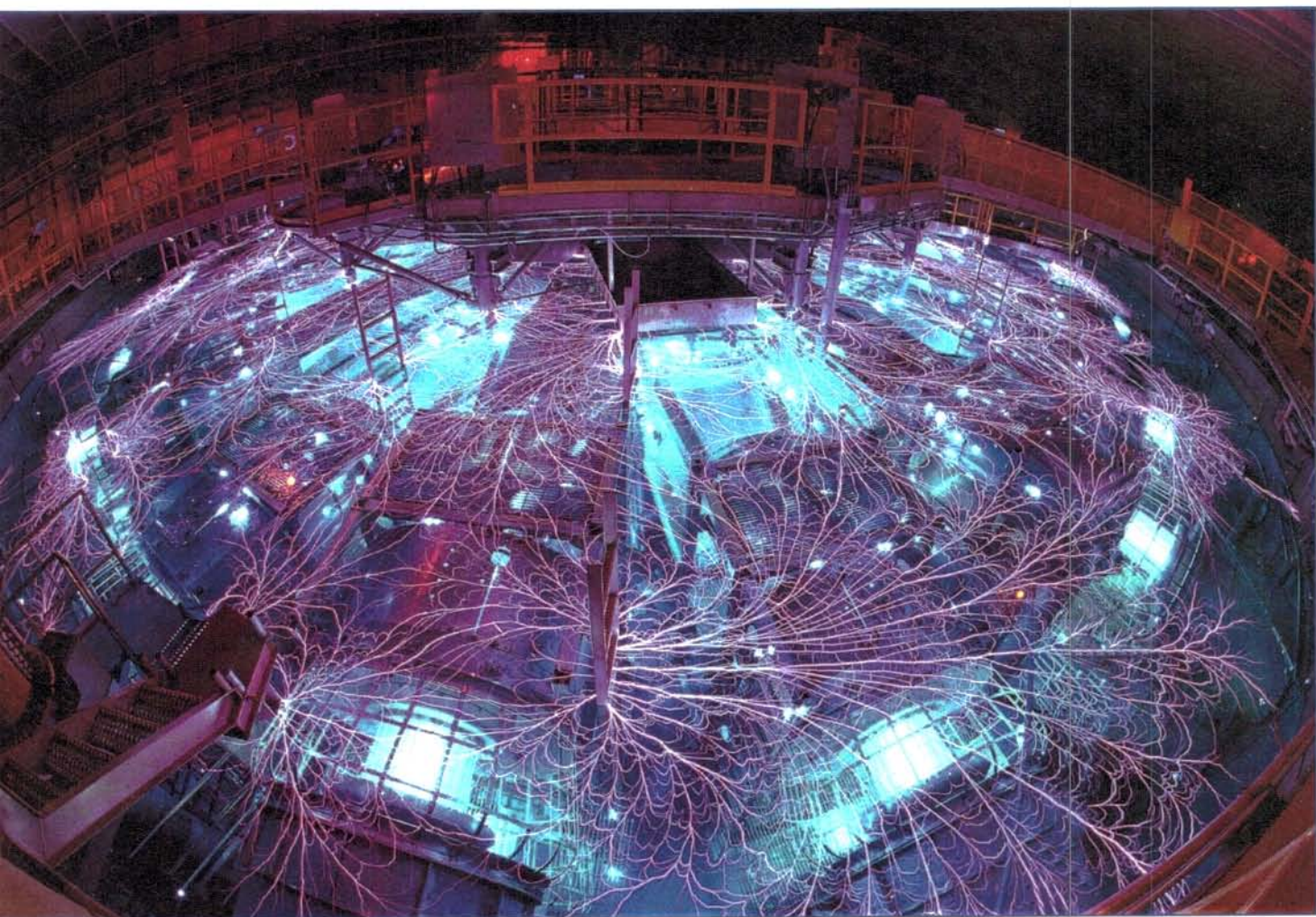
http://www.dg7xo.de/selbstbau/dc-power-meter_info_bs250.pdf



Figur 10. LC-displaymodulen pluggas in på kretskortet.

Trådlös kraft- överföring

fungerar så här!



Martin Ossmann

Trådlös kraftöverföring används redan i många applikationer, inkluderande elektriska tandborstar, RFID-taggar och för 'tanka' elektriska bilar. Det finns också planer på att mata mobiltelefoner och laptopdatorer trådlöst via plattor på skrivbordet. I denna artikel beskriver vi hur trådlös kraftöverföring fungerar och vad man måste ta med i beräkningen. Förutom att beskriva de teoretiska principerna visar vi också verkliga siffror från praktiska konstruktioner.

Leveransen av information går 'trådlös' allt snabbare. Radio, TV, mobiltelefoner, WLAN och Zigbee visar med all önskvärd tydlighet att radiobaserad dataöverföring och datautväxling är väl utvecklat och tekniskt mycket bra. Men om du tittar på den ledsna djungeln av kablar från nätadapttrar som belamrar ditt skrivbord så kanske du drömmer om att trådlös kraftöverföring kanske en dag blir möjligt. I denna artikel skall vi visa att denna dröm inte är så enkel att realisera som många kanske tror.

Våglängder

När folk talar om trådlös kraftöverföring talar de ofta om antensystem som används för att överföra denna 'trådlösa kraft'. Som är väl känt är en effektiv antennfunktion endast möjlig om de geometriska dimensionerna hos antennen har samma storleksordning som våglängden hos den utsända signalen. Det är också väl känt att strålningen i form av kraftöverföring är försumbar och antennstrukturen är liten i förhållande till våglängden. Av detta skäl kan det vara en bra idé att titta på förhållandet mellan de frekvenser som används i praktiken, vilka sträcker sig från några få kilohertz till flera gigahertz och deras motsvarande våglängder såsom visas i tabell 1. Om vi antar att antensystemet måste vara mindre än 1 meter så kan du se att även vid 13,56 MHz (som används i ISM och RFID-applikationer) så är antensystemet litet i förhållande till våglängden. Det är system av exakt detta slag vi skall analysera närmare i detalj här.

Tabell 1	
Frekvens	Våglängd
10 kHz	30 km
100 kHz	3 km
1 MHz	300 m
10 MHz	30 m
100 MHz	3 m
1 GHz	30 cm

Med sådana system är allting placerat i vad som inom antenteorin kallas för 'närfältsregionen'. Närfältsregionen karaktäriseras av en nästan 90 graders förskjutning mellan de elektriska (E) och de magnetiska (M) fälten. Detta betyder i huvudsak att det är reaktiv kraft som överförs och mängden egentlig kraft som överförs är ganska liten. System som är små i förhållande till våglängden kan man i allmänhet beskriva utan att ta vågutbredningen med i beräkningen. I huvudsak betyder detta att det inte finns någon stark växelverkan mellan de elektriska och magnetiska fälten. Följaktligen är det normalt möjligt att skilja system som arbetar med induktiv koppling från system som arbetar med kapacitiv koppling. Grundidén för ett kapacitivt kopplingsystem visas i rutan **Kapacitiv kraftöverföring**. Då den dielektriska konstanten hos luft (eller vakuum) är mycket liten är det ganska svårt att överföra kraft med hjälp av kapacitiv koppling. Följaktligen använder de flesta praktiska system induktiv koppling.

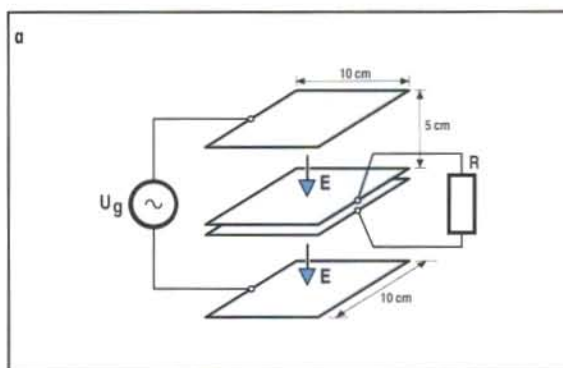
Induktiv koppling

Som vi redan har nämnt så är vågutbredningen inte någon viktig faktor här så i fallet med induktivt kopplade system är det viktigt att ha en bra förståelse för hur en transformator fungerar. Vi behöver alltså titta på detta ämne mer i detalj. En ekvivalent krets gör detta lättare att förstå. De olika ek-

[Textruta 1]

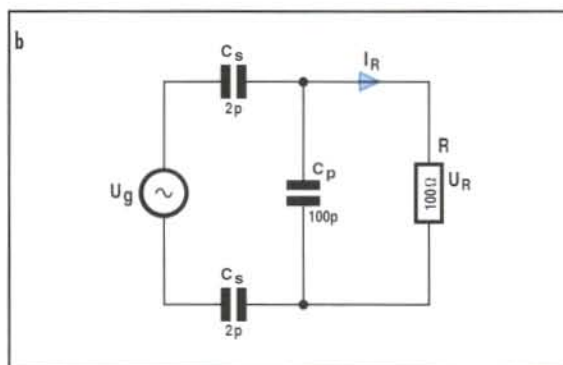
Kapacitiv kraftöverföring

Ett hypotetiskt system för kapacitiv kraftöverföring vid 13,5 MHz i en kub med en kantlängd på 10 cm skall ha den form som visas i figuren med topp och botten bestående av två metallplattor. Dessa bildar 'sändarkondensatorn' och är anslutna till kraftkällan. Två kondensatorplattor med ett avstånd från varandra på 1 mm är placerade i mitten och separeras från topp och bottenplattorna med 5 cm. De används för att dra effekten ur systemet. Den kraft (effekt) som dras från systemet matas till resistensen R med ett värde på 100 Ω. Målet är att överföra effekten P1 på 1 W till detta motstånd.



Strukturen hos ett kapacitivt system.

Hur svårt detta är kan man snabbt se genom att studera den ekvivalenta krets som visas i figuren nedan och beräkna de ungefärliga komponentvärdena. För detta ändamål antar vi att kondensatorerna är idealiska plattkondensatorer och att läckfälten kan bortses från. Detta ger följande ekvivalenta krets i den nedanstående illustrationen:



Ekvivalent krets för det kapacitiva systemet.

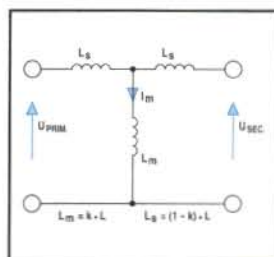
Spänningen över motståndet är $U_R = \sqrt{P \times R} = 10 \text{ V}$. Strömmen genom motståndet är $I_R = (U_R \div R) = 0.1 \text{ A}$.

Impedansen hos parallellplattkondensatorn är ungefär 100 Ω vid 13,56 MHz, vilket betyder att strömmen genom (de mycket små) seriekondensatorerna är ungefär $I_S = 0.14 \text{ A}$. Problemet är nu klart: Kraftkällan måste producera en spänning som är tillräckligt hög för att få en ström på 140 mA att flyta genom de två 2-pF seriekondensatorerna. Vid 13,56 MHz kräver detta en spänning på ungefär 1,4 kV – bara för att överföra en effekt på 1 watt.

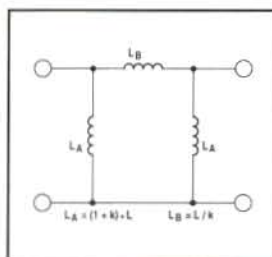
[Textruta 2]

Ekvivalenta transformatorkretsar

En transformator med identiska primära och sekundära lindningar (och med tomgångsinduktansen L) kan representeras av den ekvivalenta krets som visas i figur 2a. Konventionella transformatorer har normalt en hög kopplingsfaktor ($k \approx 1$) så läckinduktansen L_s är liten i förhållande till huvudimpedansen L_m . Magnetiseringsströmmen I_m , som egentligen inte bidrar till kraftöverföringen, kan hållas låg genom att använda ett lämpligt antal varv för lindningen.

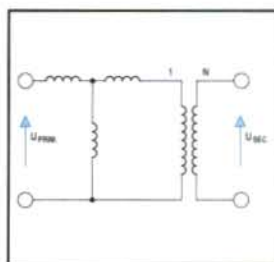


Figur 2a

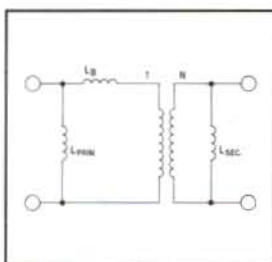


Figur 2b

Trådlösa kraftöverföringssystem har typiskt en låg kopplingsfaktor och i detta fall är L_m låg i förhållande till L_s . Magnetiseringsströmmen visar sig som en stor 'värdelös' reaktiv ström. Den ekvivalenta Π -kretsen som visas i figur 2b motsvarar den ekvivalenta T-kretsen när det gäller det elektriska uppträdandet. Om transformatorn inte har en symmetrisk struktur måste en idealisk transformator adderas till var och en av de ekvivalenta kretsar såsom visas i figur 2c. Den representerar i huvudsak transformatorns varvförhållande n som resulterar från de olika antalen varv i de två lindningarna.



Figur 2c



Figur 2d

Den idealiska transformatorn kan användas för att skifta sekundärimpedansen hos den ekvivalenta Π -kretsen till den sekundära sidan (och ta transformatorns varvförhållande n med i bilden). Detta ger den ekvivalenta krets som visas i 2d, vars element kan tolkas relativt enkelt i fysiska termer.

Induktansen L_{pri} är i huvudsak induktansen hos den primära lindningen uppmätt med den sekundära lindningen placerad oändligt långt bort (nollkoppling). L_{sec} är induktansen hos den sekundära lindningen under samma förhållande. Om de två lindningarna närmast varandra börjar serieinduktansen L_s att spela roll. Den motsvarar kopplingskapaciteten hos magnetflödet och är mycket stor vid en svag koppling. I praktiken gör detta det svårt att transportera en hög ström utan att producera ett stort spänningsfall över den dåligt kopplade transformatorn. Slutligen, det idealiska transformatorelementet representerar förhållandet mellan primär och sekundärsidans strömmar och spänningar, vilka kan modifieras genom att ändra varvförhållandet.

[Textruta 3]

Kopplingsfaktor

Två PS47 x 14,9 spol-formar lindades med 70 varv vardera med 30 x 0,1 mm litztråd (se bilden).



Detta ger en induktans (L) på 150 μ H för varje spole. Innerdiametern var ca 30 mm, yterdiametern ca 32 mm och spolens höjd ca 9 mm. Kopplingsfaktorn k uppmättes genom att mäta spänningsförhållandet under icke-lastförhållanden.

Detta gav följande resultatet för kopplingsfaktorn som en funktion av avståndet mellan spolarna.

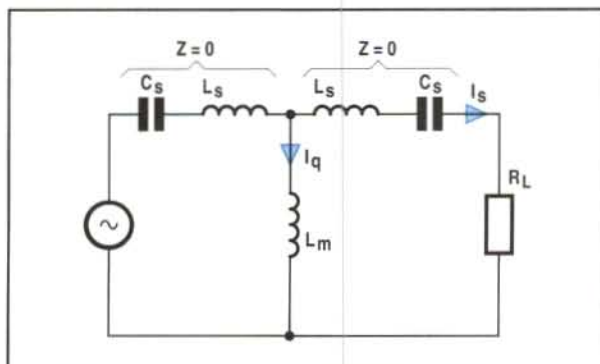
Avstånd i mm	k
0	0,33
3	0,17
10	0,11
20	0,05
32	0,02
45	0,01

vivalenta kretsar som används här beskrivs i textrutan **Ekvivalenta transformatorkretsar**.

Den krets som visas i figur 2d ger en ganska god överblick av situationen i ett system med en svag induktiv koppling även om dess parametrar också kan omvandlas till en ekvivalent T-krets.

Transformatorer

Låt oss, i vårt första exempel, tänka oss två runda spolar med samma antal varv placerade på ett visst avstånd från varandra. Dessa spolar är kopplade magnetiskt. Uppträdandet hos en transformator av detta slag kan man beskriva med hjälp av dess ekvivalenta krets. Det finns flera alternativ för detta, här använder vi de symmetriskt ekvivalenta Π och T-kretsarna. De uppträder på samma sätt men ibland är den ena eller andra bättre lämpad för att man skall förstå en viss aspekt. Låt oss först titta på den ekvivalenta T-kretsen. Om vi mäter primärinduktansen under icke-belastning så får vi värdet $L = L_s + L_m$. Detta värde är användbart i praktiken och kallas ofta helt enkelt för transformatorns induktans. En avgörande aspekt här när det handlar om trådlös kraftöverföring är att de primära och sekundära spolarna är löst kopplade. Kopplingen be-



Figur 1. Seriekomensation.

skrivs av kopplingsfaktorn k , som minskar när avståndet mellan spolarna ökar. Vi mätte kopplingsfaktorn vid olika avstånd och resultatet visas i textrutan **Ekvivalenta transformatorkretsar**. I vårt fall (med identiska primära och sekundära lindningar) är kopplingsfaktorn densamma som spänningsförhållandet under icke-lastförhållanden som man kan se av den ekvivalenta kretsen. En kopplingsfaktor högre än 0,4 är sällsynt vid trådlös kraftöverföring. Som man kan se av tabellen är värdet ofta mycket lägre, i motsats till en konventionell transformator där kopplingsfaktorn ofta ligger över 0,95. Nu måste vi titta på konsekvenserna av denna låga kopplingsfaktor.

Resonansoperation

När kopplingsfaktorn är låg är läckinduktansen (L_s) hos den ekvivalenta T-kretsen nästan densamma som induktansen L och visar således en hög impedans mot strömmen. Ett sätt att försöka undvika detta problem är att använda en seriekapacitans C_s för att kompensera för serieinduktansen. Detta visas i figur 1.

Detta skapar två serieresonanskretsar, som i det idealiska fallet minskar serieimpedansen till noll vid resonansfrekvensen. Men det finns emellertid fortfarande ett problem eftersom induktansen L_m också är låg när kopplingsfaktorn är låg. Detta ger upphov till den reaktiva strömmen I_q förutom den önskade strömmen I_s . Några exempel med riktiga figurer visas i textrutorna **Matning för 10-wattshalogenlampa**, **Läsa Mifare RFID-kort på avstånd** och **Trådlös LED-matning**.

System som dessa kan bara användas inom ett smalt frekvensområde på grund av dess resonansnatur, vilket är en nackdel. Spolarna och kondensatorerna i sådana system är högeffektskomponenter och således inte enkla att justera (och definitivt inte under drift) för att till exempel kompensera för drivning vid högre temperaturer.

Reaktiv effekt

Idén att använda extra komponenter för att bilda resonanskretsar som kompensation för reaktiva komponenter (spolar och kondensatorer) har en definitiv nackdel i det att det skapar ytterligare utväxling av reaktiv effekt mellan dessa komponenter. I verkliga kontaktlösa kraftöverföringssystem är den reaktiva effekten flera gånger så hög som den transporterade verkliga effekten (se också kommentarerna i början om närfälts och fjärrfältsantennar). Den reaktiva effekten leder till betydligt högre strömmar och spänningar. Detta skulle inte vara något problem om komponenterna vore förlustfria, men tyvärr måste vi använda riktiga komponenter. Exemplet med en matning för en 10-watts halogenlampa med en trådlös länk, som beskrivs i en egen textruta, visar hur höga värden man kan förvänta sig.

Som du kan se är det nödvändigt att använda högspänningskondensatorer. Samtidigt måste kondensatorerna ha mycket låg effektiv serieresistens då annars effekten som förloras i kondensatorerna skulle vara högre än den överförda verkliga effekten. Komponentförlusterna på grund av den reaktiva effekten gör det mycket svårt att uppnå en god verkningsgrad. Här skall vi titta mer i detalj på några förlustmekanismer.

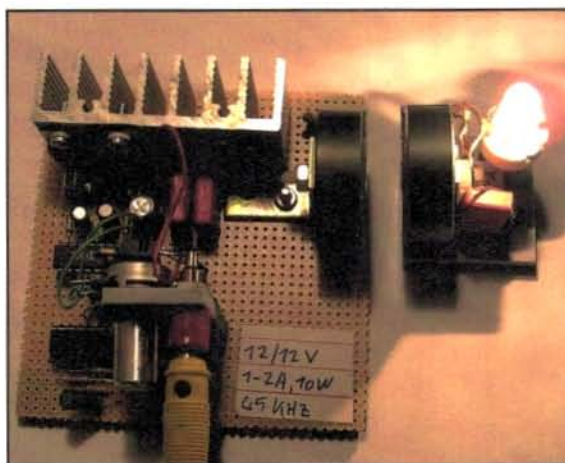
Förlustmekanismer

När det gäller spolar så är virvelströmförluster ofta den avgörande faktorn vid trådlös kraftöverföring. Spolarna är ofta luftspolar eller spolar med vad som kallas 'mycket stort luftgap'. Om vi endast bryr oss om den klassiska yteffekten,

[Textruta 4]

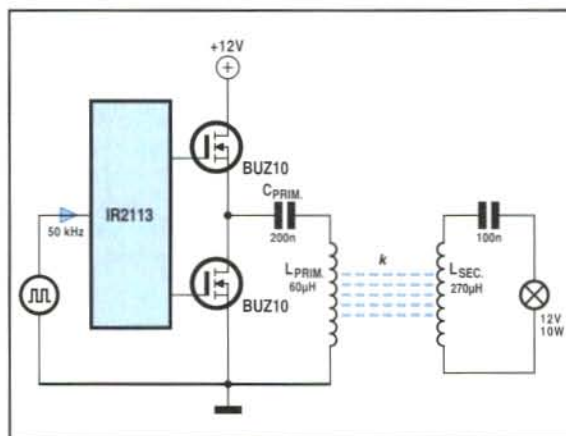
10-watt halogenlampmatning

Bilden visar ett system som kan mata en 12 V/10 W halogenlampa över ett luftgap på 3-8 mm. Som man kan se av grundschemaet drivs den primära resonanskretsen av ett par MOSFET som arbetar i push-pullmod. De primära och sekundära lindningarna är placerade i de två halvorna av en PM36-kärna. Primärlindningen är 26 varv RF-litztråd (60 x 0,1 mm). Induktansen L_{prim} är 60 μH . Kondensatorn i primärkretsen är en 0,2- μF MKP10 typ. BUZ10-transistorerna ($R_{\text{DS(on)}} = 0,07 \Omega$) drivs av en IR2113 driv-IC. Kretsen matas från en 12-V DC-matning.



Kontaktlös strömförsörjning av en 10-W halogenlampa.

Sekundären har 55 varv och induktans L_{sec} på 270 μH . Detta varvförhållande gör att 12-V lampen kan arbeta med, eller nära sin märkspänningen. Kondensatorn i sekundärkretsen är en 0,1- μF MKP10 typ. Halogenlampen (12 V; 10 W) matas direkt av sekundärlindningen vid en frekvens på ca 50 kHz.



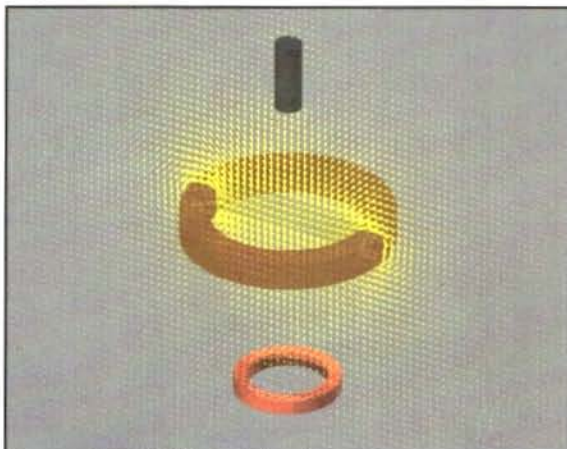
Grundschema för överföringsystemet.

Primärströmmen är runt 5 A (effektiv) i normal operation. Den reaktiva effekten i primärkondensatorn är således $N = 400 \text{ VA}$ ($= I^2 \times Z_C$, där $Z_C = 16 \Omega$). Detta betyder att den reaktiva effekten är 40 gånger så hög som den överförda riktiga effekten, trots att luftgapet är ganska litet.

[Textruta 5]

Fältsimulering

Analytisk beräkning av fälten i verkliga trådlösa kraftöverföringssystem är ofta inte möjliga. Fältsimulering är ofta till hjälp under dessa förhållanden. Resultatet av en sådan simulering visas i figuren.



Magnetfältet hos en sändarspole

En strömledande ring som representerar sändarspolen är placerad i mitten. Den genererar ett magnetiskt fält. En liten

ferritstav simuleras ovanför denna 'sändare'. Som man kan se ändrar den inte fältet hos sändarspolen nämnvärt även om den 'absorberar' fältet i sin omedelbara närhet. Detta betyder att det vid långa avstånd inte är möjligt att markant öka kopplingsfaktorn även om ferritkärnor används, av det enkla skäl att en stor del av det magnetflöde som genereras av sändaren inte kan riktas direkt till mottagaren. En 'kortslutningsring' av koppar simuleras under sändarspolen. Den påverkar också bara fältet i sin omedelbara omgivning. Av detta kan vi sluta oss till att luftkärnespoler är ännu mindre lämpade för att uppnå goda kopplingsfaktorer.

En stor del av sändarspolens fält påverkas inte av några mottagarobjekt som kan finnas i närheten och det magnetiska fältet uppför sig i huvudsak på samma sätt som fältet hos en ostörd spole. Den associerade fälteffekten visar sig bara i det totala systemet som ytterligare en reaktiv effekt som måste avgas till systemet. Denna reaktiva effekt ötföljs av en ström och denna ytterligare ström skapar ytterligare förluster i alla resistiva element i kretsen.

Det är ofta möjligt att få relativt pålitliga värden för induktans och kopplingsfaktorer från en fältsimulering. Det är också möjligt att få en indikation på de förluster man kan vänta sig av virvelströmmar. Med denna information är det möjligt att uppskatta systemets verkningsgrad tidigt under designfasen. En god uppfattning om alla förluster är nödvändigt för ett realistiskt utförande och detta är ofta mycket svårt att erhålla.

vilket betyder att strömmen koncentreras på ytan av en ledare på grund av dess eget magnetfält (strömförträngning) får vi alldeles för optimistiska värden för den ökade impedansen. Här är lindningen placerad i sitt eget starka totala fält vilket orsakar kraftiga virvelströmsförluster även vid mycket låga frekvenser. Dessa förluster kallas ofta för 'prox-

imityförluster'. En exempelkurva visas i testrutan **Proximityeffekten**. Magnetiska hystereseförluster i järnkärnor blir också noterbare vid högre frekvenser. Switchningsförluster hos transistorerna i sändarens utgångssteg måste också tas med i beräkningen. Detta kräver ofta en noggrann design för att kunna minimera nettoförlusterna.

[Textruta 6]

Att läsa Mifare RFID-kort på avstånd

De Mifarekort som vi beskrev i nummer 5/2006 av Allt om Elektronik är närfältskort och tillverkaren säger att de är omöjliga att läsa av på längre avstånd. För att kolla hur svårt detta är kan vi göra några få beräkningar. Vi antar att sändarantennen är en rund ramantenn med radien R på 1 meter och en enda lindning ($N = 1$). Magnetfältstyrkan H som en funktion av avståndet (se figuren nedan) kan beräknas med hjälp av följande formel:

$$H = \frac{N I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + d^2)^{3/2}}$$

Enligt ISO 1443-2 standarden, arbetar denna typ av RFID-kort med en magnetisk fältstyrka i området $H_{\min} = 1.5 \text{ A/m}$ till $H_{\max} = 7.5 \text{ A/m}$.

Om vi vill uppnå en fältstyrka på 1 A/m , kan vi beräkna att till detta behövs det en ström på $I = 5.64 \text{ A}$.

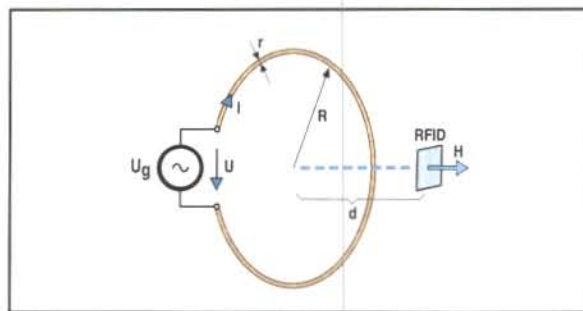
Denna ström måste flyta genom sändarantennen vid en frekvens f på $13,56 \text{ MHz}$. Om vi antar att spolen består av ett varv med tråd med tråddiametern r på 1 mm kan induktansen

hos sändarantennen beräknas på ett ungefär med hjälp av formeln

$$L \approx \mu_0 \left(\ln \frac{8R}{r} - 2 \right) \approx 8,8 \mu\text{H}$$

Vid en frekvens på $13,56 \text{ MHz}$ ger detta en spolimpedans Z_L på ungefär 750Ω . Det betyder att spänningen U över antennen måste vara ca $750 \Omega \times 5,46 \text{ A} = 4,2 \text{ kV}$, vilket inte är något att fnysa åt. Den associerade oscillerande reaktiva effekten N är lika med $U \times I = (4,2 \times 5,64) \approx 24 \text{ kVA}$.

Som man kan se av detta numeriska exempel är det inte lätt att läsa av Mifarekort på ett längre avstånd.



[Textruta 7]

Trådlös LED-matning

Bilden visar ett arrangemang för att lämna ström till en vit LED. Maxavståndet vid vilket LED-en fortfarande avger ljus är ganska stort, ca 1,3 meter.

Effektsändaren använder samma push-pullkrets som för matningen av 10-watts halogenlampan. Sändarspolen (transformatorns primärsida) är 15 varv HF-litztråd (90 x 0,1 mm) lindad på en rund form med en diameter på 22 mm. Dess induktans är 100 μH och resonanskondensatorn av typ MKP10 har ett värde på μF . Arbetsfrekvensen är 50 kHz. Den resulterande impedansen från spolen och kondensatorn är 31,4 Ω . Den reaktiva effekten är $I^2 \times Z_0 \approx 1.2 \text{ kVA}$, trots att primärströmmen bara är 6 A_{eff} .

Sändarspolen har en DC-resistens på 0,25 Ω , vilket ger en effektförlust på ca $(6 \text{ A})^2 \times 0.25 \Omega = 9 \text{ W}$, trots att LED-en bara tar emot en effekt på några få milliwatt. Switchningsförlusterna är minst $(36 \text{ A})^2 \times 0.07 \Omega = 2.5 \text{ W}$. Spänningen över kondensatorn är $I_{\text{eff}} \times Z_0 \approx 200 \text{ V}$. Mottagarspolen består av 250 varv med 0,2 mm koppartråd lindad på en ferritstav med en dia-

meter på 10 mm och en längd på 60 mm. Den har en induktans på 4,6 mH vilket med en kapacitans på 2,2 nF ger resonansfrekvensen 50 kHz. Lasten består av en vit LED. På bilden är avståndet ca 30 cm och på detta håll lyser LED-en mycket starkt. Det maximala avståndet innan den slocknar är ca 1,3 m. Utan ferritstaven är maxavståndet ca 20 cm med en induktans som är på 680 μH och en kapacitans på 15 nF.



Strömförsörja en LED på ett avstånd av 30 cm.

Dielektriska förluster i isolatorer blir också en signifikant faktor vid relativt höga frekvenser.

Om det finns elektriskt ledande material i närheten kommer det naturligtvis att induceras virvelströmmar även i dessa, vilket leder till uppvärmning. Detta är det önskade resultatet när man lagar mat på en induktiv spis, men med andra typer av system måste man vara noga med att förhindra magnetiska fält från att skada annan utrustning eller till och med människor. Naturligtvis minskar dessa förluster också den verkningsgrad som kan uppnås i praktiken. Det är ofta inte möjligt att skärma av system med lång räckvidd då det användbara fältet då skulle dämpas för mycket.

Nästa intressanta ämne är de resonanskondensatorer som används. De leder stora strömmar, vilket i sin tur leder till höga spänningar (flera hundra volt upp till några kilovolt). Det är vanligtvis nödvändigt att använda kondensatorer med låg förlust (högt-Q). Den effekt P_C som en kondensator med Q-faktorn Q_C avleder på grund av sin reaktiva effekt N_C ges ungefärligen av formeln $P_C \approx N_C \times Q_C$. I vårt fall ökar svårigheterna av det faktum att den reaktiva effekten N_C ofta är flera gånger så stor som den riktiga effekt som skall överföras. Resultatet blir att den effekt som avleds

i de reaktiva komponenterna kan vara lika stor som den transporterade riktiga effekten, oavsett hur bra kondensatorer vi använder.

Sammanfattning

Vi har här beskrivit flera mekanismer som spelar en roll i designen av ett induktivt kopplat trådlöst kraftöverföringssystem. Verkliga applikationer kräver en noggrann avvägning mellan alla dessa parametrar. Men vem vet, någongång i framtiden går det kanske att använda sin bärbara dator utan batterier tack vare trådlös kraftöverföring.

(070825-1)

Weblänkar

<http://web.mit.edu/newsoffice/2007/wireless-0607.html>
<http://en.wikipedia.org/wiki/WiTricity>
<http://www.witricitynet.com>

[Textruta 8]

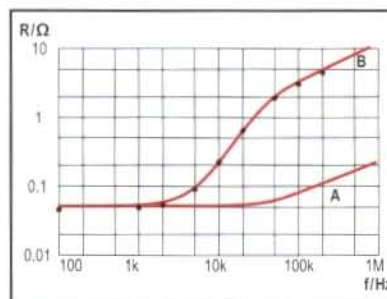
Proximityeffekt

Spolar som används i trådlösa kraftsystem arbetar typiskt med relativt höga magnetfältstyrkor, vilket också påverkar antalet varv i spolen. Om vi endast tar hänsyn till den ökade impedansen på grund av yteffekten från ledarens magnetiska fält så erhåller vi kurvan A i diagrammet, vilket antyder att spolarna lätt kan användas vid frekvenser under 100 kHz.

Om vi mäter impedansen (ekvivalenta serieresistensen) erhåller vi kurva B dragen genom de uppmätta punkterna. Denna kurva visar de verkliga impedansegenskaperna eftersom denna tar de totala starka fältet med i beräkningen (proximityeffekten). Som du kan se är impedansen vid 10 kHz redan betydligt högre än DC-resistensen. Det skulle således vara bättre att använda HF-litztråd i detta fall. För att kunna få fram liknande

tillförlitliga förutsägelser för att bestämma den bästa typen av tråd så är det nödvändigt att använda ett bra fältsimuleringsprogram.

Detta exempel visar hur viktigt det är att ta med systemförlusterna i beräkningen.



Impedansegenskaperna med yteffekt (A) och proximityeffekt (B) (* = uppmätt värde)

Energidetektiver



Vi håller på att bli alltmer energimedvetna dessa dagar men det är ofta svårt att uppskatta om en apparat använder mycket eller lite energi. Det är självklart för elektronikingenjörer att titta på effektförbrukningen hos olika elektriska och elektroniska apparater. Speciellt hemma och på jobbet finns det en mängd apparater som behöver ström kontinuerligt. Hur kan vi minska denna? För att lösa det problemet måste vi först känna till hur mycket effekt en apparat använder när den är avstängd och hur mycket när den är igång. Detta är inte svårt när det gäller en glödlampa som i stort sett drar den nominella effekten som är tryckt på den. Och när lampan släcks med en strömbrytare så är den också verkligen släckt. Detta är emellertid inte lika lätt med många andra apparater. Även om den nominella effekten vanligtvis anges på en skylt så är detta inte nödvändigtvis den kontinuerliga effekten. Hos många apparater vet man inte heller effektförbrukningen i tomgångsläge. Apparater som datorer, skärmar, TV och videobandspelare har inte någon riktig till/fråntrytare längre, bara en slags standby-knapp. Och apparater som slås till och från med en fjärrkontroll stängs inte heller av helt.

Ett annat exempel på 'hemliga energislukare' hemma är de nätadapterar som används mer och mer idag. Designen av den relevanta apparaten underlättas betydligt om man använder en extern nätadapter eftersom apparaten i sig själv då inte behöver uppfylla de stränga kraven på elektrisk säkerhet. När det gäller många bärbara apparater som MP3-spelare och mobiltelefoner så används nätadaptern bara när batterierna skall laddas och den kan pluggas ur när den inte används. Men med många apparater sitter nätadaptern i väggkontakten hela tiden. Och detta kostar energi! Speciellt linjära nätadapterar kan förbruka flera watt i obelastat tillstånd. Detta kan bli mycket om du har, exempelvis, 10-15 adapterar hemma (räkna dem!).

Mätning

Med hjälp av en liten investering kan du lätt upptäcka hur mycket effekt som varje individuell apparat drar när den

används och hur mycket den drar när den inte används (standbyläge). Det finns många olika så kallade energimätare på marknaden, små enheter i form av en mellanliggande plugg och sockel. Alltså en stickkontakt på ena sidan och en väggkontakt på andra. Dessutom har enheten en display och ett antal knappar. Du pluggar in energimätaren i den väggkontakt som apparaten brukar sitta som du skall mäta förbrukningen på och sedan pluggar du in apparaten i energimätarens kontakt. Displayen på dessa små mätare visar nu ett antal uppmätta värden som den aktuella nätspänningen i realtid, den dragna strömmen, effektförbrukningen och ibland också $\cos-\varphi$ (se textrutan) plus det antal kilowattimmar som används sedan enheten pluggades in. Dessutom kan de flesta av dessa enheter också visa hur mycket detta har kostat dig. För detta ändamål kan du knappa in priser per kilowattimme och på några av dem också separata tariffer för natt och dagtaxa.

Många elleverantörer rekommenderar att man använder en sådan energimätare för att få sina konsumenter mer uppmärksamma på effektförbrukningen hos olika apparater i hemmet. Det har också funnits kampanjer där man lånat ut en sådan mätare gratis under några veckor.

Men det finns ingen anledning att avstå från att köpa en mätare själv på grund av kostnaden då det finns modeller tillgängliga för bara en hundralapp på byggmarknader etc. Och du kommer snabbt att ha tjänat in denna kostnad så fort du har identifierat de värsta energislösarna.

Urvalet

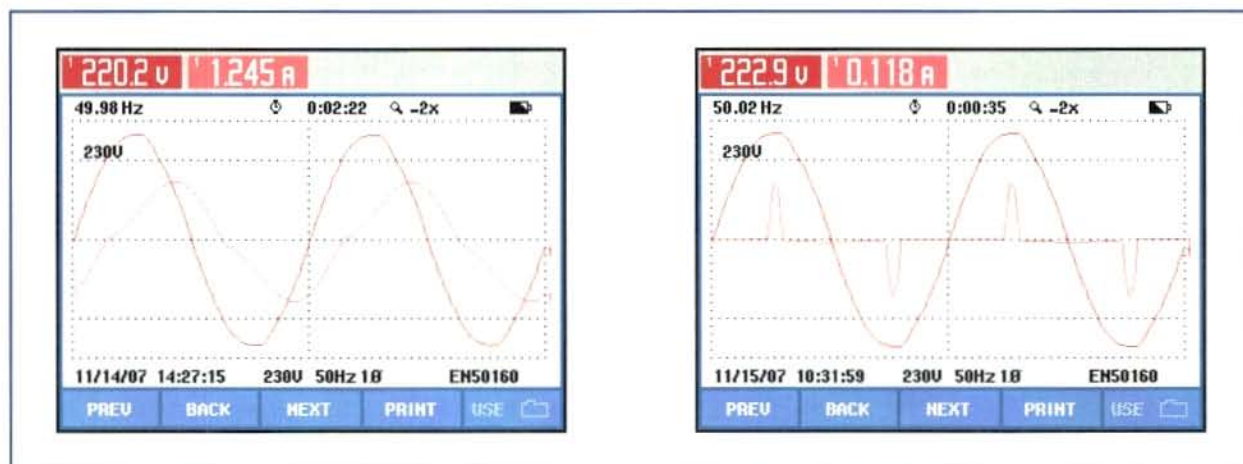
För denna artikel har vi tittat på nio olika energimätare som finns på marknaden. Nästan alla mätare har samma design (som den vi just beskrivit). Två enheter skiljer sig dock, Energy Control 3000 från Voltcraft, en trådlös mätstation med olika typer av sensorer, och Energy-Monitor EM600 från ELV i Tyskland (ett tvådelat mätsystem där displayhalvan kan placeras på ett annat ställe). Titta på de individuella beskrivningarna för varje mätare.

En energimätare är bara användbar om den ger en tillför-

Vi testar populära energimätare

Harry Baggen

Hur mycket effekt drar din nya LCD eller plasma-TV när du använder den? Och hur mycket drar den när den anses vara 'från'? Om du vill kunna spara energi hemma så måste du veta hur mycket effekt varje apparat använder. Det finns händiga energimätare tillgängliga för detta ändamål och dessa pluggas bara in i en väggkontakt och visar sedan på en display hur mycket effekt en apparat använder. Hur noggranna är dessa mätare och vad kan du egentligen mäta med dem? Vi undersökte några av dem i Elektors labb.



Till vänster visas den induktiva strömvågformen från en lysrörskontakt med drossel och till höger den pulsformade last som skapas av en något äldre DVD-spelare.

litlig indikation. De flesta av dessa mätare har (enligt deras manualer) en noggrannhet på $1\% \pm 1 \text{ W}$, vilket i praktiken är mer än tillräckligt.

Men rent praktiskt är det dock mer man måste ta med i beräkningen. När man mäter en glödlampa på 150 W så kommer var och en av dessa mätare troligen att indikera det korrekta värdet ganska noggrannt. Det är skillnad när man mäter signaler där strömmen och spänningen inte ligger i fas (som lysrörsbelastning eller en tvättmaskin). Det är möjligt att mätaren kommer att avvika mer från det korrekta värdet när $\cos-\phi$ (cosinus-phi) värdet är dåligt.

Ett stort problem är maskiner med switchade nätdelar. Hos dessa finns det ofta en kombination av vågformsdistorsion och fäsförskjutning och detta gör det betydligt svårare att mäta effekten.

Slutligen kan noggrannheten med mycket små belastningar vara otillräcklig. Trots allt så är det ju effektförbrukningen i

standbyläge som vi vill mäta. Så, drar PC-skärmen 1 W eller 5 W när den är avstängd? Vissa av de mätare vi tittat på här har ingen aning utan hoppar fram och tillbaka mellan några värden eller ger ett totalt felaktigt värde. I vissa fall har tillverkaren angett i manualen att mätaren inte är lämplig för att mäta små effekter, men det hade ju varit trevligt att veta detta innan man köpte den.

Test

För att se hur användbara dessa billiga energimätare egentligen är så testade vi dem i Elektors labb med hjälp av några standardlastar och jämförde dem med en professionell energimätare från Fluke, Power Quality Analyzer typ 434 (se bilden). Denna, med en prislapp på ca 50 000:- inkl moms är naturligtvis i en helt annan klass än de enheter som kostar några hundra kronor, men den ger mycket tillförlitliga mät-

Effektivvärde och cos-φ

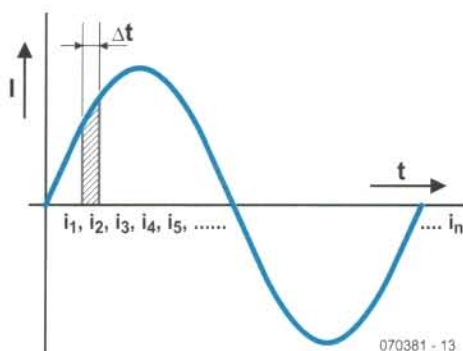
Att mäta den effekt som används av en belastning är, i princip, mycket enkelt: Allt du behöver göra är att multiplicera effektivvärdet (RMS) hos spänningen och strömmen med varandra:

$$P = U \times I$$

Du kan göra detta med två multimetrar.

Nätspänningen har normalt ett fast värde och detta är (något-sånär) sinusformat. Mängden ström avgör då effektförbrukningen. Definitionen av detta är:

Effektivvärdet hos en växelström är lika med en likström som genererar samma mängd värme i samma konstanta motstånd under samma tid.



070381 - 13

Energimätare brukade arbeta efter denna princip förr.

Effektivvärdet kan beräknas genom att integrera strömmen under en halv period, dvs genom att dela upp den i mindre sektioner och beräkna effekten i varje liten del. Dessa måste sedan kombineras för att ge det totala värdet:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{i_1^2 + i_2^2 + i_3^2 + \dots + i_n^2}{n}}$$

Effektivvärdet hos strömmen är därför lika med kvadratroten ur medelvärdet över en hel period av storhetens kvadrat

Med en sinusformad ström kan ekvationen förenklas till:

$$I_{eff} = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$$

När lasten inte längre är rent ohmisk, eller om en faskontroll (dimmer) används, blir det betydligt svårare för en mätare att visa effektivvärdet och vissa mätare kommer inte att visa det rätta värdet.

När det finns en färförskjutning mellan strömmen och spänningen, till exempel med en motor (induktiv last) omvandlas inte all den dragna strömmen till sann effekt. En del av strömmen används för att generera magnetfältet eller används för att ladda och ladda ur kondensatorer. Denna ström kommer att ligga före eller efter nätspänningen. Färförskjutningen uttrycks som ett cos-φ värde (1 = ingen färförskjutning, lägre värden indikerar en större färförskjutning). Denna 'bortslösade' del kallas också för reaktiv effekt. Men, den måste fortfarande levereras av elbolaget.

För konsumenterna spelar det ingen roll för elräkningen om man har en dålig cos-φ eftersom elmätaren i huset bara mäter den sanna effekten. Några av de testade mätarna visar också lastens cos-φ.



Den Flukemätare som användes som referens vid våra tester.

ningar som vi använde som referens. Och Fluke var snälla nog att låna ut ett sådant instrument till oss under några dagar så att vi kunde utföra dessa tester.

Vad är det vi har testat? Till att börja med använde vi några ohmska laster för att mäta noggrannheten vid små och stora laster. För detta valde vi värdena 2 W, 100 W och 1000 W. Vi mätte också en induktiv last i form av ett lysrör med drossel för att kolla om dålig cos-φ påverkar instrumentet. Och slutligen mätte vi en switchande nätdel hos en DVD-spelare som huvudsakligen drar korta strömpulser från nätet. På basis av dessa mätningar är det möjligt att få en god uppfattning om användbarheten och mätkvaliteten hos dessa energimätare.

Testresultat

Vi har listat alla mätresultaten i tabellen. Det första vi skall notera är att praktiskt taget alla mätarna – även de billigaste för en hundralapp – ger mycket bra resultat när man mäter effekten på en apparat som är tillslagen. Induktiva och kapacitiva laster mäts också med respektabel noggrannhet. Om du bara vill mäta hur mycket energi en apparat använder och hur mycket detta kostar dig kan du använda i stort sett vilken mätare som helst. De något dyrare typerna har fler justeringar och indikeringsmöjligheter, som separata tariffer för natt och dagtaxa och en kostnadsprognos under en längre period. Några modeller (Olympia Energy meter EKM 2000, Pro-Elec Power & Energy Monitor PL09564, Volt-

craft Energy Monitor 3000) visar också $\cos-\phi$. Detta ger en bra indikering av den typ av last som apparaten presenterar för nätet. Det värde som uppmättes av Olympia verkade dock inte särskilt tillförlitligt. Att mäta induktiva och pulsade laster verkar inte heller vara något problem med de flesta av mätarna, vilket vi hade väntat oss. Bara Olympia och Peaktechmätarna hade problem med induktiva laster och visade ganska mycket fel.

Att mäta små effekter var betydligt svårare. Det är speciellt intressant att veta hur mycket en apparat använder i stand-by-läge eller när den är avstängd. Flera tillverkare anger redan i specifikationerna att deras mätare inte är lämpliga för detta ändamål (de börjar vanligen mäta rätt vid 4 eller 5 watt). Det finns bara fyra mätare som klarar av detta bra, de två från ELV och de båda från Voltcraft.

Efter att ha utfört hundratals mätningar med dessa mätare så har vi en klar favorit, Voltcraft Energy Monitor 3000. Denna mätare kostar bara drygt 400:- hos Conrad och erbjuder en tydlig 3-raders display, många mätfunktioner och justeringsmöjligheter. Det är en av de mest noggranna mätarna i gruppen och dessutom den enda mätaren där $\cos-\phi$ indikeringen vid alla mätningar nära stämde överens med mätningarna gjorda med vår Flukereferens. När det gäller

noggrannheten var Pro-Elec instrumentet från Farnell lika bra, men det hade färre justeringsmöjligheter och inte något backup-batteri.

Slutligen finns då mätstationen Voltcraft Energy Control 3000. Detta är det udda instrumentet i denna översikt. Det är ett trådlöst mätsystem som kan förses med upp till 12 sensorer. Vi inkluderade inte detta system i vårt test eftersom den version vi tittade på var försedd med en sändare för kilowattmätaren i säkringsboxen. Och den räknar bara antalet varv hos skivan! Detta är ett fantastiskt system för dataloggning etc., speciellt populärt eftersom basstationen också kan anslutas till en PC.

(070831-1)

Tillverkare/leverantöradresser:

ELV: www.elv.de

Velleman: www.velleman.be

Olympia, Peaktech: www.reichelt.de

Pro Elec: <http://www.farnell.se>

Voltcraft: www.conrad.se

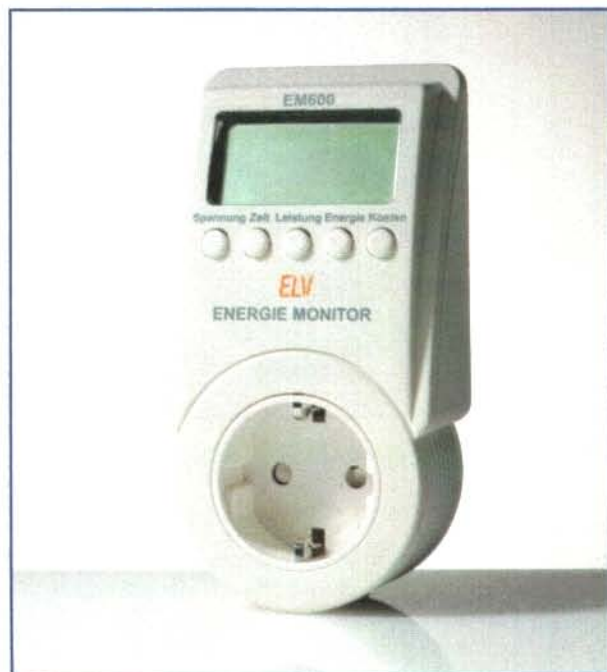


BaseTech Power Monitor (Conrad 12,95 €)

- Enkel mätenhet med backupbatteri
- Enradig display
- Mäter belastning (inkl. maxvärde) och energi. Prisprognos för dag, månad och år.
- Effektområde 10 W till 360 kW
- Tekniskt identisk med Technoline Cost Control

ELV Energy Monitor EM600-2 (ELV, 25,50 €)

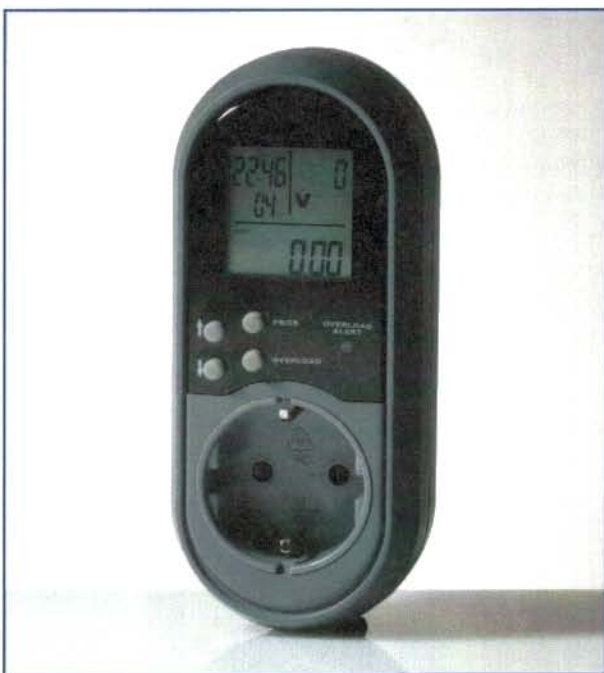
- Mätare utan backupbatteri
- Enradig (stor) display
- Mäter spänning, effekt, energianvändning, inkopplings-tid, prisprognos för vecka, månad, år (EM800-versionen mäter också ström, $\cos-\phi$, frekvens och skenbar effekt)
- Effektområde 1 W till 4 kW
- Komplet kalibrering av mätaren beskrivs i manualen





ELV Energy Monitor EM600 Expert II (ELV, 39,95 €)

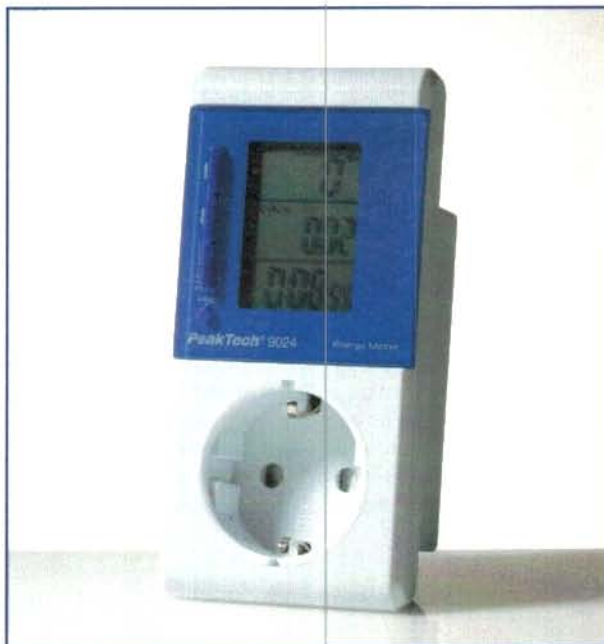
- Mätare utan backupbatteri
- Enradig (stor) display
- Två delar med separat mätenhet och pluggenhet för mätning vid svåråtkomliga ställen som bakom en tvättmaskin (finns också Expert I version utan pluggenheten med kabel för fast anslutning)
- Mäter spänning, effekt, energianvändning, inkopplings-tid, kostnad, prisprognos för vecka, månad, år (EM800-versionen mäter också ström, cos-φ, frekvens och skenbar effekt)
- Effektområde 1 W till 4 kW
- Komplet kalibrering beskrivs i manualen



Olympia Energy meter EKM 2000 (Reichelt, 15,95 €)

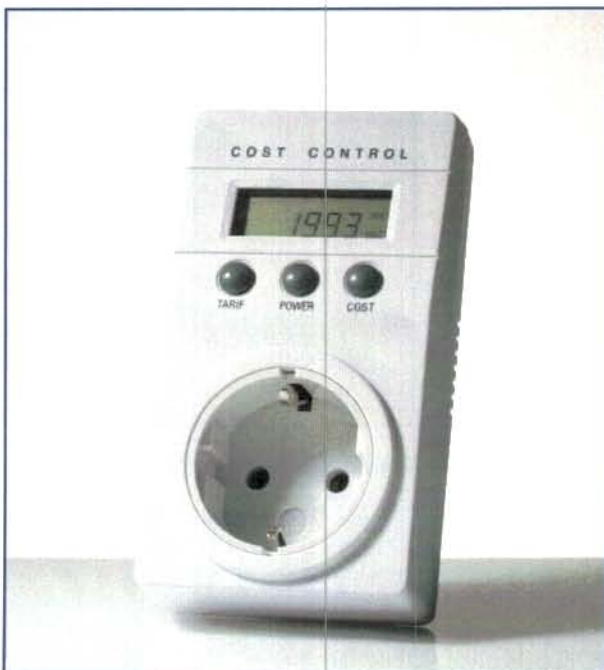
- Mätare med backupbatteri
- Treraders display
- Mäter spänning, ström, frekvens, cos-φ, max. uppmätt ström eller effekt, energianvändning, inkopplingstid och användningskostnad
- Överlastindikering för ström eller effekt med användar-definierade värden.

- Effektområde 4,5 W till 3,7 kW
- Tariff för dag och nattaxa möjlig
- Mättid max. 10,000 timmar
- Inbyggd klocka



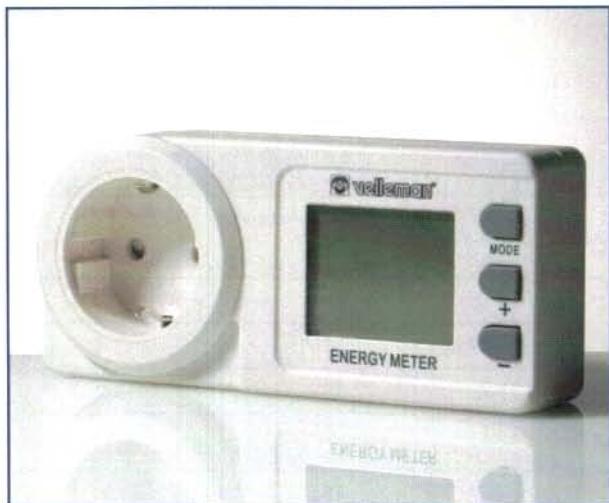
Peaktech Energy-Meter 9024 (Reichelt, 15,95 €)

- Mätare med backupbatteri
- Treraders display
- Mäter spänning, effekt, max. uppmätt ström och effekt, energianvändning, inkopplingstid och användningskostnad.
- Överlastindikering för ström eller effekt med användar-definierade värden
- Effektområde 4,5 W till 3,7 kW
- Mättid max. 10,000 timmar



Technoline Cost Control (ELV, 9,95 €)

- Enkel mätare med backupbatteri
- Enraders display
- Mäter effekt, max. effekt, energianvändning, prisprognos per dag, månad, år
- Effektområde 4 W till 3,6 kW
- Tekniskt identisk med BaseTech Power Monitor



Velleman Energymeter (type NETBSEM, Velleman, 14,95 €)

- Mätare med inbyggd backupbatteri
- Treraders display
- Mäter effekt, energianvändning, inkopplingstid, användningskostnad
- Mätområde 0 W till 1 kW
- Inbyggd klocka med veckodagsvisning
- Dag och natttariff med justerbara tariffider
- Mättid max. 9,999 timmar



Voltcraft Energy Check 3000 (Conrad, 24m95 €)

- Mätare utan backupbatteri
- Tvåradars display
- Mäter effekt, högsta och lägsta effekt, energianvänd-

ning, inkopplingstid, användningskostnad, separat inspelningsfunktion (Record)

- Effektområde 1,5 W till 3 kW
- Dag och natttariff möjlig
- Mättid max. 99 dagar



Voltcraft Energy Control 3000 mätsystem (Conrad; sats omfattande en centralenhet, mjukvara & 1 sensor: ungefär 100 €)

- Trådlöst mätsystem med en centralenhet och upp till 12 sensorer
- Centralenheten kan anslutas till en PC via USB
- PC-mjukvara medföljer för hantering av uppmätta data
- separata sensorer tillgängliga: ES-1 (väggkontakt-sensor), ES-2 (kilowattimmemätarsensor), ES-3 (DIN-rail sensor), ES-4 (gasmetersensor) and ES-5 (solpanelströmsensor)
- Mäter effekt, energianvändning, energikostnader och prognos, gasförbrukning, gaskostnader och prognos
- Dataloggningsminne för 108 dagar (en sensor)
- Alarm när förinställda effektvärden överskrids
- Tid och datumvisning
- Tekniskt identisk med EM-1000 systemet från ELV

Voltcraft Energy Monitor 3000 (Conrad, 39,95 €)

- Mätare med back-upbatteri och automatisk avstängning efter 1 minut
- Treraders display
- Mäter spänning, strömfrekvens, sann effekt, skenbar effekt, $\cos-\varphi$ (induktiv och kapacitiv) högsta och lägsta effekt, energianvändning, tariff och användningskost-



nad, min. och max. visning av alla uppmätta värden, separat inspelningsfunktion (Record), prisprognos per vecka, månad, år

- Effektområde 1,5 W till 3 kW
- Dag och natttariff möjligt
- Mättid max. 99 dagar

Tabell 1. Testresultat

Belastning	U _{nät} 230 VAC	2 W	100 W	800 W	Induktiv last (140 W, cos ϕ = 0,50)	Pulslast (12 W, cos ϕ = 0,45)
Basetech Power Monitor	-	0	100	805	144	11
ELV Energie Monitor EM600-2	229	1,8	102	797	139	12,1
ELV Energie Monitor EM600 Expert II	228	1,5	101	798	139	12,2
Olympia Energy meter EKM 2000	233	0	97	814	163 cos ϕ = 0,60	11 cos ϕ = 1,0
Peaktech Energy-Meter 9024	232	0	101	804	185	15
Technoline Cost Control	-	0	100	804	145	12
Voltcraft Energy Check 3000	-	1,4	99	801	139	11,3
Voltcraft Energy Monitor 3000	230	1,9	99	796	139 cos ϕ = 0,50	12,2 cos ϕ = 0,47
Velleman	-	0	99	797	137	12



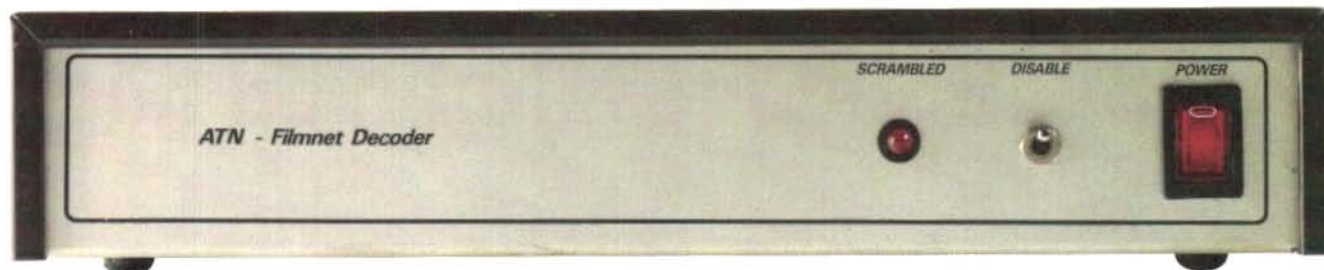
Energisparande tips

- Koppla ifrån alla apparater i hemmet som inte är absolut nödvändiga.
- Koppla från en apparat (om det är möjligt) med nätströmbrytaren och inte med standby-knappen eller fjärrkontrollen.
- Kompakta lysrör är betydligt mer ekonomiska än glödlampor (med det visste du redan) och gör största besparingen där ljuset är tänd under en längre tid.
- Stäng av datorn via en grenkontakt (ellistuttag) med en manuell switch och koppla alla anslutna apparater som skärm, scanner och skrivare till samma grenkontakt.
- Nätadaptar drar ström också när det inte finns något anslutet till dem. Dra ur dem ur väggkontakten när du inte använder dem.
- För apparater som kontinuerligt matas från en nätadapt

ter hjälper det betydligt om du ersätter den gamla (linjära) adaptern med en modern (switchad) version. Dessa har högre verkningsgrad och använder betydligt mindre effekt i tomgångsläge.

- Vissa apparater förbrukar precis lika mycket effekt i stand-bytillstånd som när de är påslagna (till exempel kabel-TV mottagare). Det är därför meningslöst att switcha dessa mellan det ena eller andra tillståndet.
- Trådlösa routrar används inte alltid. Stäng av dem när de inte används.
- Slutligen, ta en titt på den totala energiförbrukningen i hela ditt hem under en lugn eftermiddag (när inga apparater har kopplats på manuellt) genom att notera avläsningen hos elmätaren i proppskåpet och kolla sedan igen en timma senare. Detta ger dig en bra uppfattning om den 'tysta' förbrukningen hemma.

Filmnetdekoder (1989)



Jan Buiting

Även om jag aldrig kommer att glömma denna jättesuccé från forna tider så var det ändå med stor glädje som jag hittade, i ett låst skåp när vi höll på att flytta till den nya redaktionen, Elektors Filmnetdekoder från 1989. Enheten var i gott skick och tog mig omedelbart tillbaka till en extremt spännande tid på Elektor när mottagning av satellit-TV och avkodning av betal-TV och andra kodade signaler skapade en massiv respons från våra läsare. Enligt en svensk journalist som ringde upp mig under sommaren 1989 uppskattades att ungefär 20 000 enheter av Filmnetdekodern var i bruk bara i Skandinavien (och den stor del av dessa hade sålts som byggsats av dåvarande Allt om Elektronik). Alla för privat ändamål och för experiment naturligtvis. Publiceringen i sig själv var en icke-standardaffär i tre delar. För det första kunde projektet inte publiceras i den holländska utgåvan av Elektor (själva modertidningen) av fruktan för legala återverkningar (Filmnet ägs av ett belgiskt/holländskt konsortium). För det andra, av i grunden samma skäl (advokater i telefon) så såldes inte kretskortet genom Elektors Läsarservice, vilket annars normalt var fallet. För det tredje publicerades projektet under namnet P.N.P Wintergreen, vilket är en lätt bearbetad figur från Moment 22, av skäl

som borde vara uppenbara vid det här laget.

Detta stoppade dock inte massorna från att bygga dekodern. Ordet spred sig snabbt att Filmnet hade hackats av Elektor 'big time' och en smart elektronikförsäljare i Haag hade en hög med illegala kopior av den engelskspråkiga artikeln liggande under disken efter att ha sålt slut på flera hundra engelska Elektor beställda från – Elektor!

Elektors Filmnetdekoder är ett under av sinnrikhet då konstruktören höll fast vid avsikten att enbart använda lätt åtkomliga billiga komponenter, med en viss förkärlek för pnp-transistorer. Resultatet blev ett gräsligt fullt enkelsidigt kretskort, men vem brydde sig. Projektet var billigt och lätt att bygga från BC5xx transistorer och 40xx IC – uppdraget slutfört.

Kruxet att avkoda Filmnetkanalen på satelliten Eutelsat låg i den komposita TV-synsignalen som

låg gömd i en underbärsvåg vid 7,56 MHz i transponderns basbandsignal. När man väl hade hittat de saknade synkarna kunde en PLL och lite riktigt smart kretsdesign återställa videosignalen till sin ursprungliga form. Nu kunde du börja titta på (och banda) 'vissa' filmer som sändes sent på lördagsnätterna.

Filmnet ändrade sitt kodningsformat flera gånger men besegrades hela tiden av uppdateringar av Elektordekodern. Efter tre uppgraderingar fick P.N.P Wintergreen nog och designade en liten krets som anpassade sig automatiskt till förändringarna i Filmnets kodningssystem. Därmed noterade ägarna av fullt uppdaterade Filmnetdekodrar inte ens ändringarna av kodningen. Efter 'autoadapt' uppgraderingen började en hel del läsare att anpassa kretsen även för kabel-TV.

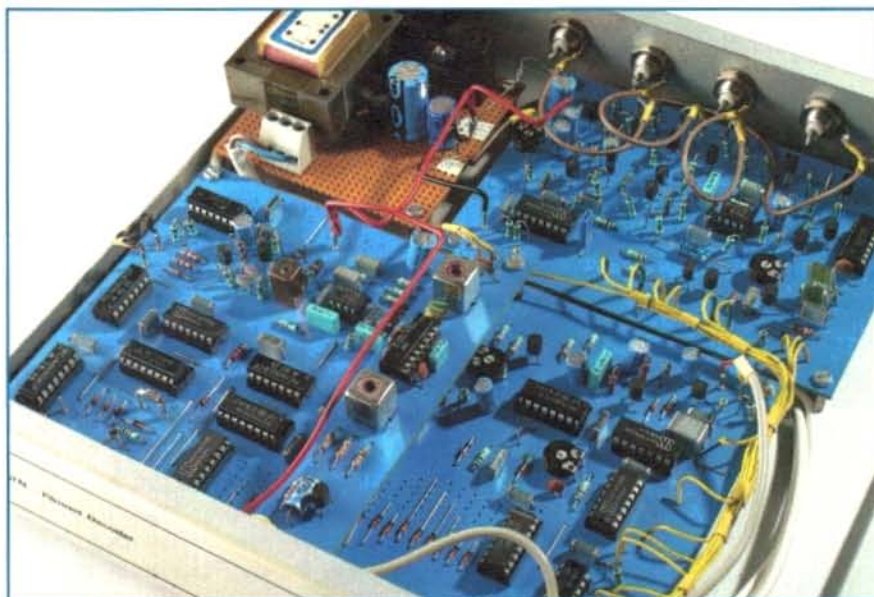
Jag kommer också ihåg ett paket och ett inte så trevligt brev från

en lärare vid en tysk fackhögskola som hävdade att Elektor-designen var 'värdelös' och inte fungerade eftersom varken han eller någon av hans 20 'avancerade' elever kunde få dekodern att fungera. Han hotade med att säga upp skolans prenumeration på tidningen om vi inte kunde bevisa att han hade fel. Vi plockade fram den snyggt byggda dekodern ur lådan och en snabb granskning avslöjade att två trimpotentiometrar hade bytt plats och en BC547 hade ersatts med en BC557! Efter tre minuters lödning av en praktikanter på vårt labb så fungerade dekodern klockrent utan behov av justering. Vi skickade tillbaka projektet till avsändaren med ett litet brev, som tyvärr försvann på vägen.

Vår Filmnetdekoder fick en hel del täckning i elektronikpressen och de relevanta artiklarna i Elektor nämns också flera gånger i John McCormac's mycket berömda **Black Book**

om videohackning. Jag är glad att tro att projektet gav många läsare en känsla av tillfredsställelse när den röda 'kodad signal' LED-en på dekoderns frontpanel slocknade och den förvridna bilden på TV:n förvandlades till en normal bild.

(70790-1)



Scannade sidor av den ursprungliga artikeln i pdf-format finns att hämta från Elektor websida på engelska och från vår websida på svenska (från AoE nummer 3/1989).

Retronik är en återkommande kolumn som handlar om äldre elektronik, inklusive legendariska Elektor-konstruktioner. Bidrag, förslag och frågor är välkomna. Skicka ett email (på engelska) till editor@elektor.com

Svävande kub

förbluffande resultat med några f

Franz Raemy

För första gången i denna serie presenterar vi ett projekt som inte baseras på en mikrokontroller. I stället tittar vi på ett experiment som har förtrollat publiken under årtionden, uppdaterat med en laserdiod och minimal styrelektronik.

Innan vi börjar: Detta projekt hör hemma i kategorin 'klassiska experiment'. Alla som har någon vetenskaplig bakgrund har säkerligen sett, utfört eller åtminstone läst om något liknande projekt tidigare. Trogna Elektorläsare

som har varit med sedan slutet på 1970-talet (och det finns många) kommer säkert i håg en viss 'Levigator'. I juni 1977 publicerades ett projekt av Elektors designer Loys Nachtmann där en kula eller en bit metallplåt hölls svävande med hjälp av en precist kontrollerad kraft från en elektromagnet monterad ovanför den. Vi hoppas att vi inte sårar vår tidigare kollega för mycket genom att säga att han inte uppfann grundprinciperna för kretsens funktion. De diskuteras i praktiskt taget varenda lärobok som handlar om styrning.

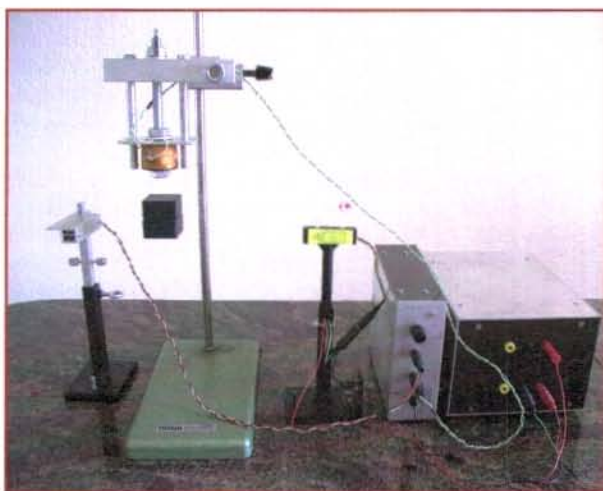
Teori

Den kraft som elektromagneten utövar på metallobjektet måste vara lika stor som utövas på det av jordens dragningskraft. Kraften är proportionell till strömmen genom magneten och minskar när avståndet mellan magneten och det svävande objektet ökar. Alltså, när detta avstånd ökar måste vi öka magnetströmmen och tvärtom. Avståndet detekteras med hjälp av en ljusgrind där det svävande objektet kan röra sig in i och ut ur ljuset. En enkel ljussensor mäter sedan den mängd ljus som passerar objektet. Mellan utgången från ljussensorn och den elektromagnetiska drivaren sittet styrkretsen, som ofta har formen av en PID (proportional, integral och differential) kontroller. För 30 år sedan tog Loys Nachtmann den säkra vägen, hans 'Levigator' var designad strikt efter PID-principen med tre operationsförstärkare och inte mindre än sex potentiometrar så att varje aspekt hos funktionen kunde justeras. Ytterligare två operationsförstärkare bildade en spänning-till-strömmomvandlare vid utgången. För läsare som är intresserade av den ursprungliga artikel från 1977 så kan den hämtas här [1].

Effekten med den 'svävande bollen' är häpnadsväckande (och tricket fungerar också med andra former hos objektet som kuber och skruvar). Vissa kanske tycker att det är lika häpnadsväckande att denna effekt kan uppnås med bara två operationsförstärkare och en enda effektttransistor. Författaren (som har en doktorsexamen i fysik, en passion för hobbyelektronik och 25 års erfarenhet av att undervisa i fysik och matematik) har utvecklat en styrkrets

Figur 1.

Översikt av bygget. Till vänster finns ljussensorn och retorthållaren stöder elektromagneten. 'Kulan' (här i form av fyrkantiga permanentmagneter) svävar under elektromagneten. Laserdiodmodulens ljuskälla kan ses i mitten av bilden. Lådorna till höger innehåller styrelektroniken och strömförsörjningen.



Figur 2.

Justeringen blir mycket enklare om höjden på elektromagneten kan justeras med hjälp av en vingmutter.



i komponenter



som kräver, som man brukar säga, bara en handfull med komponenter. Kretsen byggdes ursprungligen för en fysikklass och har också blivit en stor succé under skolans öppna dagar. Här nedan beskriver vi hur det fungerar och som alltid är Elektors läsare välkomna med egna modifieringar och förbättringar av designen!

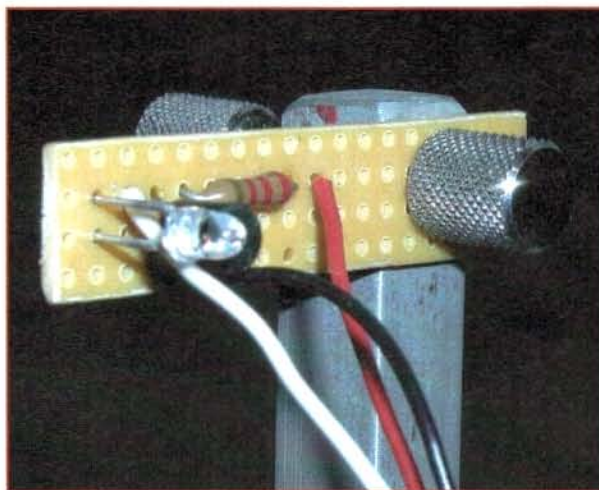
Mekaniken

Figur 1 visar alla komponenterna i systemet. Till vänster syns ljussensorn och stödet som håller elektromagneten med 'kulan' svävande strax under. 'Kulan' i det här fallet är skapad av fyrkantiga permanentmagneter (2x2x1 cm). Ljuskällan ses mitt i bilden. För 30 år sedan var Elektor-läsarna tvungna att arrangera en lins framför en lampa för att få en tillräckligt samlad stråle, idag har vi det enklare då vi kan använda en laserdiodmodul (tillgänglig från alla större elektronikleveratörer). Lådorna till höger innehåller styrelektroniken och strömförsörjningen, som lämnar 5 V för laserdioden och 12-18 V för kontrollen.

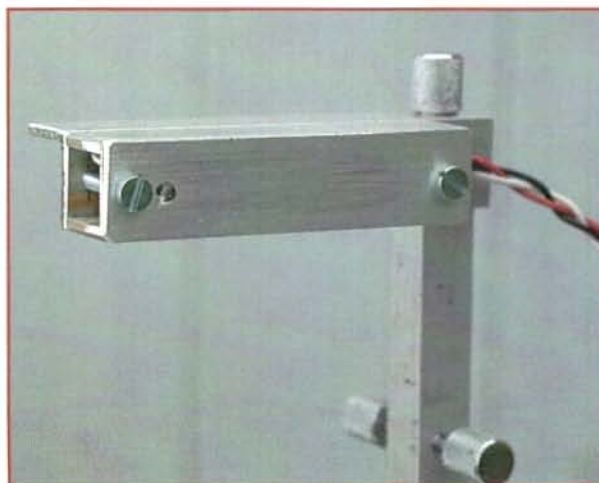
Elektromagneten, ljussensorn och laserdiodmodulen sitter på en så kallad retorthållare (som finns hos leverantörer av skolmaterial). De övriga mekaniska komponenterna finns i närmaste järnaffär.

Vi slaktade ett stort relä för att komma åt elektromagneten. Om din bra-att-halåda inte innehåller något sådant går det att köpa ett ganska billigt. Detta är en enklare lösning än den som föreslogs för 30 år sedan då man skulle plocka isär en gammal transformator. Om du vill gå denna väg och använda en transformator med lameller så måste du ta bort alla I-formade lameller och vända alla E-formade lameller så att de ligger åt samma håll.

Anslut sedan sekundärlindningen (som måste vara på minst 2 A). Elektromagneten fästes på en retorthållare så att dess höjd kan justeras, helst på så sätt att den kan tas bort och monteras igen med hjälp av en enda bult. Ännu bättre är det om du kan arrangera så att höjden på elektromagneten kan justeras gradvis upp och ner med hjälp av en vingmutter (figur 2).



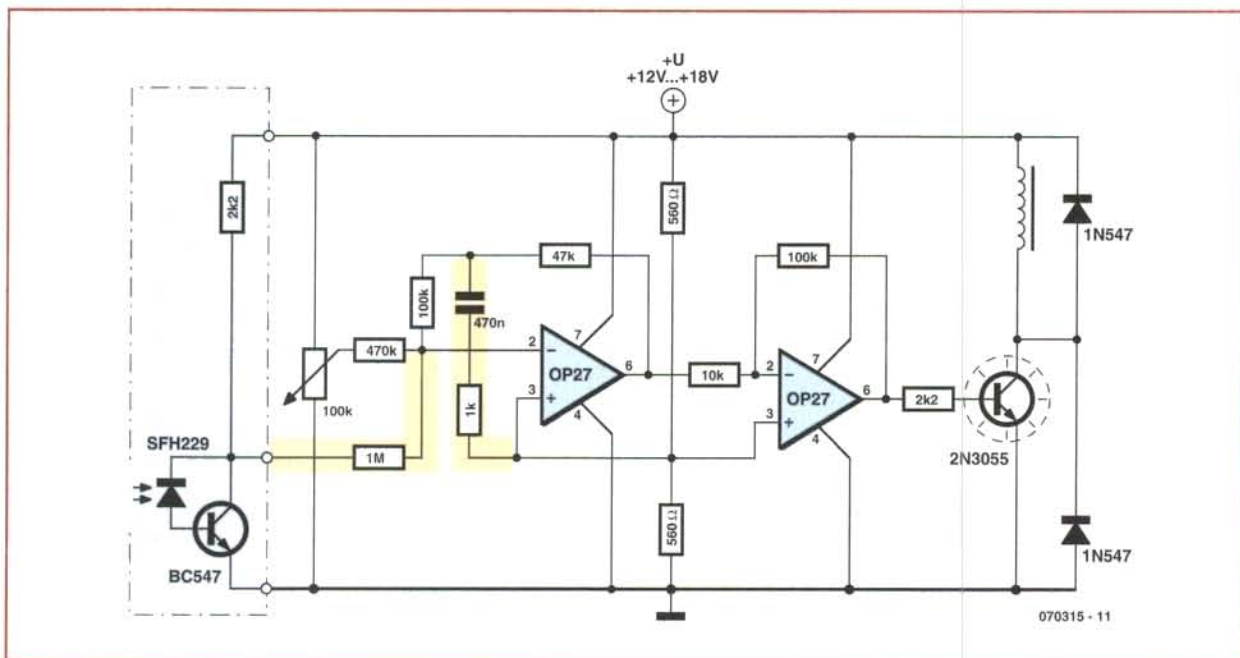
Figur 3.
Fotodioden med BC547 gömd bakom.



Figur 4.
Ljussensorn i sitt hölje.

Figur 5.

Kretsschemat visar mät, styr och kraftelektroniken. Utan de indikerade komponenterna är kretsen bara en elektromagnetdrivare där strömmen kan ställas in manuellt med en potentiometer. Lägg till sensorn och de tre övriga komponenterna och kontrollsligan är komplett.



Elektroniken

Ytterligare två retorthållare håller laserdiodmodulen och fotodioden (figur 3). Fotodioden SFH229 skall monteras i en liten låda för att minimera effekter av läckande ljus. Figur 4 visar hur två korta bitar av aluminiumprofil har skruvats ihop med ett litet hål som fungerar som ett fönster. Förutom ljussensorn innehåller 'lådan' också en BC547 transistor och ett motstånd vilka bildar en förstärkare. Tre kablar (matningsspänning, jord och signal) löper sedan till kretskortet med den egentliga styrelektroniken. Detta arrangemang gör systemet mindre känsligt för yttre störningar.

Kretsschemat i figur 5 visar en översikt av mätning, styr och kraftelektroniken och det färdigbyggda kortet ses i figur 6. Spolen i elektromagneten drivs av en gammal goding, en 2N3055 effektransistor. De två dioderna till höger om transistorn (om vi tittar bakifrån och framåt mot frontpanelen) skyddar kretsen. Det magnetfält som produceras av elektromagneten är mycket starkt och när drivningen kopplas från kan strömmar på flera ampère induceras i spolen när fältet kollapsar. Dessa strömmar

avleds via de två 1N547-dioderna. Andra dioder, som 1N4007 kan också användas så länge de klarar av de inducerade strömmarna.

Operationsförstärkaren (opampen) till höger är konfigurerad som en (inverterande) förstärkare med fast förstärkning. Den kan ses som en del av effektutgångssteget. Opampen till vänster och tillhörande potentiometer bildar en förstärkare som (om vi föreställer oss att de tre kablarna till ljussensorn och kondensatorn kopplas bort) låter en förinställd konstant ström passera genom spolen. När man sätter upp enheten skall denna konstanta ström justeras så att den kraft som utövas av elektromagneten på objektet när det befinner sig på det önskade avståndet skall vara lika stor som den kraft som utövas av gravitationen (se nedan). Naturligtvis är den jämvikt som uppnås inte stabil eftersom det saknas en kontrollslina (loop). Vid minsta störning kommer objektet att antingen falla till golvet eller dras upp i magneten.

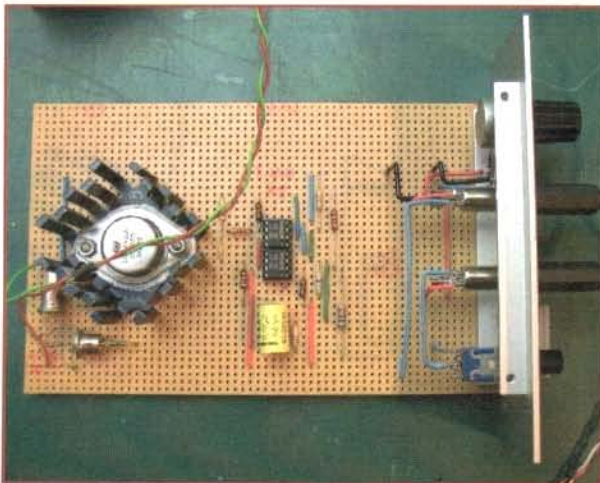
Genom att lägga till sensorn och bara tre passiva komponenter kan vi skapa den kontrollslina som behövs. Motståndet på 1 kΩ dämpar den negativa återkopplingen och ökar således förstärkningen. Kondensatorn ser till att förstärkningen enbart läggs till AC-komponenten i ljussensorströmmen så att systemet reagerar för små avvikelser i jämvikten. Detta motsvarar en differentialterm i kontrollsligan.

Erfarenheten visar att komponentvärdena inte är kritiska och att enheten kommer att fungera så länge som komponentvärdena ligger relativt nära de som visas. Komponentvärdena i utgångsdrivsteget måste naturligtvis justeras så att en lämplig ström (runt 1 A till 1,5 A) kan flyta genom elektromagneten.

Författarens prototyp regleras vid en frekvens på runt 300 Hz till 400 Hz. Med hjälp av ett oscilloskop är det möjligt att observera svängningar i elektromagnetströmmen i storleksordningen 0,1 A, vilket måste tillskrivas enkelheten i kontrollkretsdesignen. Motsvarande rörelse hos det svävande objektet är normalt bara bråkdelen av en

Figur 6.

Bilden visar styrelektroniken. Längst till vänster finns effektransistorn med sitt kylelement och de två opamparna syns i mitten. Till höger finns ingången från ljussensorn och utgången till elektromagneten. Potentiometern överst ställer in DC-komponenten i utgångsströmmen och under finns en switch som kan stänga av och koppla på det magnetiska flödet.



millimeter. Det är viktigt att använda ett tillräckligt stabilt stöd för elektromagneten (en kraftig retorthållare och en kort låsarm) då den annars kommer att 'wobbla' kraftigt. I extrema fall kan dessa vibrationer vara tillräckligt för att destabilisera hela systemet. Om detta sker måste du använda en annan, kraftigare, hållare eller ett annat magnetiskt eller magnetiserbart material.

I praktiken

För att koppla upp enheten skall du först ställa potentiometern i mittläge. Håll sedan objektet som skall sväva så att det blockerar ljusstrålen och justera höjden på magneten (och således avståndet mellan magneten och objektet) tills objektet verkar vara tyngdlöst. Detta känner du lätt av i handen. Med en typisk elektromagnet kommer gapet att vara några centimeter. Det behöver väl knappast sägas att objektet inte får vara för tungt (som mest runt 25-30 gram) då gapet annars kommer att vara för litet och kraften från elektromagneten mycket stark och systemet kommer förmodligen att vara ostabilt då.

Därefter utför du finjusteringen med hjälp av potentiometern. Den optimala positionen för objektet är när det blockerar exakt halva de infallande ljuset på ljussensorn. Upp du märker ökande svängningar (oscillering) vid ökande amplitud måste avståndet (och sedan, med hjälp av potentiometern, konstantströmmen) justeras. Om allt annat misslyckas så försöka att använda ett annat magnetiserat eller magnetiserbart föremål.

Författaren har lyckats med att få ett 22 mm kullager att sväva och en massa olika bultar. En skruv, med skåran hängande nedåt, kommer att vridas när den sakta stiger och faller runt sin axel. När skåran i skruven ligger i linje med laserstrålen kommer ljuset att passera och skruven faller. När skåran inte ligger i linje med laserstrålen kommer skruven att stiga. Positioneringen är enklare om föremålet består av en permanentmagnet med skruven hängande under den. Detta stabiliserar systemet då ett längre föremål inte lika lätt tippar över som ett kort. Det är naturligtvis inte önskvärt att föremålet håller på att tumla omkring en horisontell axel.

Med denna enhet som grund är författaren väl preparerad för sitt nästa projekt, ett modelltåg som svävar på magneter (maglev). De preliminära resultaten är mycket lovande!

(070315-1)

Weblänkar

- [1] www.elektor.com/levitator
- [2] www.camlab.co.uk/
- [3] www.ebay.co.uk/

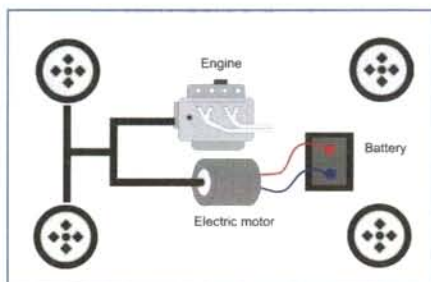
E-block: så blir Toyota

Flowcode & E-block styr batterihanteringen

Jim Fell

Det intressanta med Prius är att den under en begränsad period kan köras som en elbil. Detta är ju bra, men med det befintliga NiMH-paketet kan den elektriska motorn bara föra bilen drygt en kilometer om den håller sig under 50 km/h. Genom att lägga till ett stort Li-Ion batteri kan bränsleförbrukningen minskas från runt 0,5 liter per mil till under 0,3 liter per mil! Denna artikel beskriver hur detta uppnåddes med hjälp av E-block och Flowcode som styrsystem.

Jim Fell konverterade en bil till rent elektrisk operation 1999 och efter flera förbättringar, speciellt när det gällde batteripaketet, blev bilen en relativ succé. Han kunde vanligen köra bilen ca 80 kilometer på en laddning och betydligt mer vid försiktig körning. Bilen deltog i London-Brightonrallyt för elektriska bilar både 2005 och 2006. Tyvärr är ju akilleshälen hos elektris-



Figur 1. Grundkonceptet för Prius drivsystem.

ka fordon fortfarande batteripaketet. Med billiga traditionella blybatterier är räckvidden kraftigt begränsad och längre körningar måste planeras mycket noga eftersom det måste finnas laddningsställen var 80:e kilometer eller så och du måste stanna under några timmar vid varje för att återställa laddningen.

Under 2005 började Jim Fell att titta på de hybridbilar som då fanns och då speciellt på Toyota Prius.

Hur det fungerar

Figur 1 visar hur original Toyota Prius fungerar. Det är i huvudsak en normal bil med en elektrisk motor/generator inlagd i drivlinan. När föraren behöver sakta ner sätter bromspedalen 'motorn' i generatorläge vilket laddar batteriet. Och vid lägre hastigheter används motorn för att assistera den konventionella bensenmotorn vilket minskar bränsleförbrukningen.

När Jim Fell startade projektet fanns det några grupper i USA som experimenterade med extra batteripaket för att öka räckvidden hos Prius [2]. Toyota, liksom de flesta moderna bilar, har ett mycket komplext elektroniskt kontrollsystem. Den del som har hand om drivningen och batterihanteringen använder CAN-bussen. Operationen av drivningen bland annat baseras på batteripaketets SOC (State of Charge, laddningstillstånd). Om SOC är lågt kommer övervakningssystemet att återladda när bilen körs nedför en backe, bromsar eller använder överskottsenergi från motorn. Om SOC är högt används batteripaketet för att driva bilen vid låg hastighet eller supplementera motorn vid körning, i uppförbackar eller vid omkörning. I praktiken ändras SOC hela tiden beroende på trafiken och körsättet.

Lägg till ett batteri eller två

Det fanns två huvudproblem när det gällde att addera ett stort batteripaket parallellt med det befintliga batteriet. Det första var, hur skulle Toyotas ordinarie styrsystem reagera om,

som en blixtnär från klar himmel, det befintliga batteriet plötsligt började få laddning från en externa källa — det andra batteriet? Det andra problemet var: hur styr man denna externa laddningskälla?

Styrsystemet måste vara sådant att det befintliga batteriets SOC kunde manipuleras så att Toyotas styrsystem såg ett högt SOC och använde batteriet i stället för motorn så ofta som möjligt. Det första var enkelt. Vi anslöt elbils-laddaren över Toyotas batteripaket och laddade paketet. SOC ökade upp till full laddning (ca 80% SOC). Batteriövervakaren tog batteritemperaturen och spänningen med i beräkningen och beräknade sedan SOC utan några som helst problem.

Så, att lösa det andra problemet — överföra energin till Toyotas batteri — var där det stora jobbet låg.

Kretsdetaljer

Jim Fell var lycklig nog att ha tillgång till en sats med 56 (!) Thunder Sky Li-Ion batterier som han kunde använda som ett andra batteri. Dessa är seriekopplade och ger en resulterande DC-spänning på runt 210 V och en nominell kapacitet på mer än 50 Ah. Toyotas eget NiMH-batteri producerar runt 240 VDC och det behövdes därför en spänningsomvandlare för att det extra batteripaketet skulle kunna ladda Toyotas eget batteri. Dessutom var det bra att kunna ladda Li-Ionbatter-

Prius ännu sparsammare

gen



ierna under natten och för detta behövdes det en batteriladdningskrets. Det behövdes också en krets som styrde laddningsflödet in i Priusens eget batteri. Du kan se kretsen i figur 2. Sättet att ansluta det extra batteripaketet till det befintliga batteriet var att använda fyra enpoliga högvolts/högströmsreläer och en högeffekts likspänningsomvandlare (DC/DC-omvandlare). DC/DC-omvandlaren är egentligen en batteriladdare som har en likriktarbrugga som den första komponenten för att omvandla den normala växelspänningen (AC) på ingången till likspänning (DC). Du kan naturligtvis mata den med bara DC. DC/DC ombordomvandlaren används för att ladda Li-Ionbatterierna om det behövs men det är en annan historia. Omvandlaren hade en tvåstegs, valbar, utgång. 'High' utgången försöker att lyfta det befintliga paketet till en hög spänning och således ett högt SOC. I 'Low' är denna spänning lägre och tillåter det befintliga paketet att förlora laddning, vilket gör att SOC-procenten (SOC%) faller. Utgången från DC/DC-omvandlaren styrs genom att switcha in en av två arbetspunkter. När batteriet laddas under natten är det isolerat från resten av Toyotan.

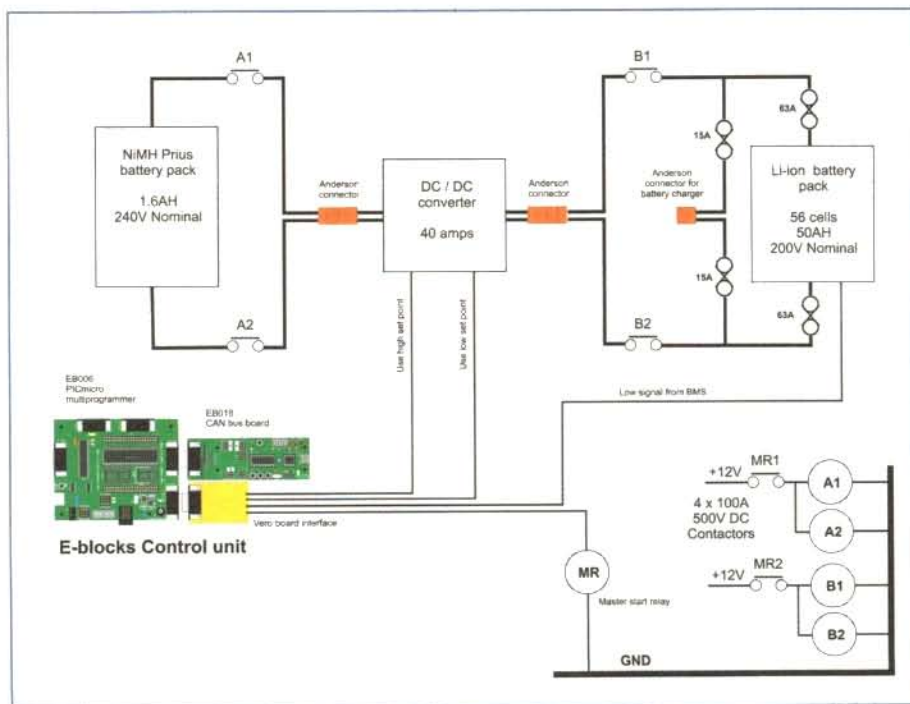
Batterireläerna från NiMH till Li-Ion skall vara aktiverade under hela tiden, när fordonet körs, tills det extra batteripaketet är fullt urladdat och inte längre kan bidra, och då kopplas det ur.

CAN det utföras?

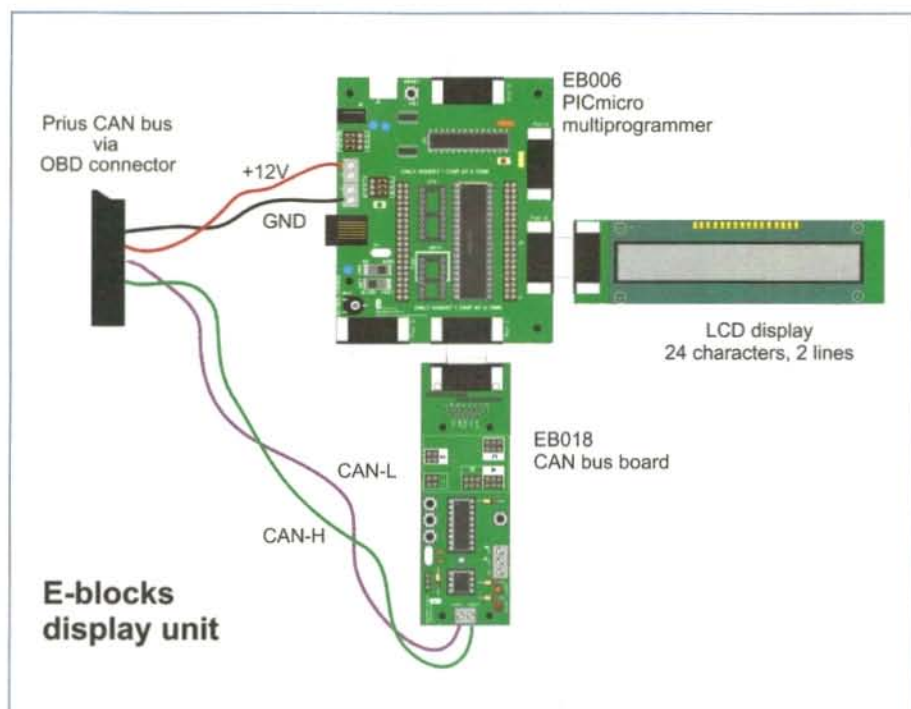
Att styra detta system betydde att hacka sig in i Toyotans CAN-bussystem. Bilen har många enheter på CAN-bussnätet och lyckligtvis sänder de alla sina data på bussen. De enheter som behöver data läser dem helt enkelt och reagerar i enlighet med dem. Och såvitt vi vet finns det ingen enhet som begär information direkt från en annan enhet utan allt går via bussen.

Vad som behövdes var en CAN-bussenhet som kunde läsa parametrar på systemet och flytta laddningen över till det befintliga batteripaketet vid rätt tidpunkt.

Vid denna tidpunkt läste Jim Fell en artikel i Elektor (februari 2006) som refererade till ett CAN-bussystem bestående av två noder i ett nätverk. Av tidigare experiment med andra bussystem visste han att det kan ta lång tid att få igång ett system. Han hade en



Figur 2. Systemets blockschema.



Figur 3. Blockschemat över displayenheten.



Figur 4. LCD-display.

del erfarenhet av PIC-kretsar från Microchip och det finns en mängd information på deras websida om CAN-bussen. Databladet över CAN-inter-

facechipet löper över inte mindre än 81 sidor [3]. Han beställde Flowcode CAN-systemet och upptäckte att allt det svåra jobbet



Figur 5. Bilder av batterisystemet, 'före' till vänster och 'efter' (till höger).

med att använda CAN-bussen redan var utfört. Att sätta upp parametrarna för bussen och läsa de specifika meddelandena utförs med hjälp av redan skrivna makrokommandon. Att få kommunikation mellan två punkter var mycket enkelt.

För att kunna bestämma de CAN-bussmeddelanden som Priusen sänder och som innehåller data om SOC användes en Kvaser Light CAN till USB enhet för att kolla trafiken på CAN-bussen.

Det finns en bekväm OBD-2 kontakt med 12 V spänning placerad just under ratten på Priusen. Det finns viss dokumentation angående meddelandena på bussen på Internet. Dataformatet varierar och det behövs lite manipulering för att omvandla data till en form som kan visas på en LCD.

Steg för steg

Med några idéer om hur bussen skulle fungera initialt sattes ett system upp i verkstaden som härnade funktionerna hos CAN-bussen i Priusen. Ett av E-blocksystemen sänder kontinuerligt ett SOC-meddelande i samma format som Toyotameddelandet och det andra systemet sattes upp som en displayenhet som visade systemparametrarna på en LCD. Uppkopplingen visas i figur 3. Denna användes under utvecklingsfasen på arbetsbänken och monterades sedan in i bilens radioutrymme som du kan se i figur 4. Displayen visar batteriström, batterispänning (laddning/urladdning), SOC%, laddningsströmsgräns, urladdningsströmsgräns, max. batteritemperatur, min. batteritemperatur. På detta sätt kan hela systemet byggas upp och testas utanför bilen.

Det andra steget av programmet använde bara en av posterna (SOC%) och gav ut en av två utgångar, hög eller låg, beroende på värdet hos SOC. För att behålla den befintliga batteri-SOC vid runt 70% så aktiverade några enkla beslutsinstruktioner i Flowcode den låga utgången om SOC% > 70 (och kopplade bort Li-Ioncellerna från laddningskretsen) och aktiverade den höga utgången om SOC% < 65 (vilket switchade in Li-Ioncellerna i kretsen och laddade Priusens NiMH-batteri. I båda fallen stängdes den motsatta utgången av.

En extra utgång användes för att driva ett relä, som i sin tur aktiverade fyra huvudrelän. Denna utgång aktiveras fem sekunder efter det att systemets startats upp och kopplas från när det

extra batteripaketet har laddats ur.

I praktiken

Det fanns inte något behov för en display i den slutliga kontrollern och den lever nu sitt liv i en låda i bagageutrymmet tillsammans med de extra batterierna och effektrekläerna.

Det extra batteriet är en sats med 56 Thunder Sky Li-Ionceller. Dessa celler är ca två år gamla och varierar i kapacitet och den sämsta cellen kan leverera ca 50 Ah vid 20 °C när den laddas ur med 25 A. Den sämsta cellen definierar ju också paketets kapacitet så med strömbegränsningen satt till 25 A kommer bilen att köras i 2-3 timmar med assistens av det extra batteripaketet innan detta kopplas bort. Därefter körs bilen i normalt hybridmod som tidigare.

Detta är systemets nackdel – batterierna är fortfarande mycket dyra och fysiskt ganska stora. Om du skulle vilja köpa dessa batterier nu skulle kostnaden ligga på några tiotusentals kronor. En annan nackdel är att batterierna tar upp stor plats i bakluckan som du kan se av figur 5.

Under sommartid minskar bränsleförbrukningen från ca 0,47 l/mil till ungefär 0,28 l/mil med hjälp av det extra batteripaketet.

Prova nu detta hemma

Det Flowcodeprogram som utvecklats för applikationen kallas Prius_04_Receive_PFC40.fcf. Det kan hämtas gratis från projektsidan för denna artikel hos www.elektor.com.

Easy-CAN busspaketet (som kan köpas från oss) inkluderar en kopia av Flowcode, två PICmicro multiprogrammerare, två CAN-busskort, en LCD-display, switchkort, LED-kort och tillbehör.

Det kan bli (ännu) bättre

Tyvärr går Priusens avläsning bara till 99,9 mpg (miles per gallon) så man vet egentligen inte riktigt hur bra systemet är. I figur 6 kan du se en bild av Toyotas display som visar att bilen har i alla fall uppnått 99,9 mpg.

Ett annat jobb för Flowcode är att kunna läsa det momentana bränsleflödet från bussen tillsammans med hastigheten och sedan beräkna den egentliga bränsleförbrukningen.



Figur 6. Växellriktaren i bakluckan.

Ytterligare förbättringar kan göras genom att läsa bussens hastighetssignal och pulsa ett relä när hastigheten faller under 50 km/h för att tvinga bilen in i elbilsläge. Relätet pulsas igen när hastigheten stiger till 50 km/h för att ta bilen ut ur elbilsläget igen. Ett annat bra jobb för Flowcode.

1075103-1

Referenser

- [1] E-blocks — now you CAN, Elektor Electronics februari 2006
- [2] Plug in Prius Wiki group: www.eaa-phev.org/wiki/Main_Page (följ länken till plug in hybrids, sedan Prius)
- [3] Microchip: ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21801d.pdf



Figur 7. En närbild av Priusdisplayen visar att 99,9 mpg har uppnåtts.