

ARDUINO UNO R3 måler: dBm, mW, dBuV og RMS mV i 50 Ohm

Af OZ6YM, Palle Anker Andersen

Eksperimenter med ARDUINO UNO R3 løste op for udfordringerne i forbindelse med et behov for effektivt, at kunne måle dBm. Tidligere eksperimenter med PIC-processorer i den retning, har ikke været en umiddelbar succes for mit vedkommende, men ARDUINO IDE eller Arduino's software udviklings miljø, har bragt løsning på tidligere tiders forståelses problemer.

Behovet for en selv-bygger, strander tit og ofte ved anskaffelse af det dyre måleudstyr, men den moderne tid vi lever i, har gjort det muligt, for en billig penge, at fremstille hjemmelavet måle-grej, med en høj grad af nøjagtighed.

Der har tidligere været bragt artikler i OZ, baseret på den her beskrevne målemetode, men her har man koncentreret sig om, at kunne måle høje effekter med en SWR-bro, senest artiklen Power Meter 2012, som kom i OZ, juni 2013.

I denne artikel vil jeg beskrive et måleinstrument, som også er beskrevet flere gange, blandt andet i QST i 2001, og muligvis også andre steder. Se under referencer sidst i artiklen.

Det nye i denne artikel, er den præcise udlæsning på et display, ved hjælp af en ARDUINO UNO R3, der aflæser et målehoved, der er bygget op omkring en logaritmisk forstærker fra Analog Device, AD8307, og dennes utrolige følsomhed og linearitet, som af data-bladet siges at have et dynamikområde på op til 92 dB. Henvisning til databladet sidst i artiklen.

Da maximal input til AD8307 ligger omkring +18,5 dBm, skulle den teoretiske følsomhed ligge -92 dB lavere, og altså omkring -74 dBm, tæt på en pW.

Det her beskrevne målehoved, har netop en følsomhed omkring de -70 dBm, som man kan regne temmelig præcist med, og i frekvensområdet fra 10 Hz til ca. 500 MHz. og effektområdet fra noget der ligner 0,1 nW og kan max. vise +18,5 dBm, altså godt og vel 70 mW, og med en impedans på 50 Ohm.

Det er her jyderne vil sige: "Det er ikke så ringe endda!".

I den allerlaveste ende af dBm-skalaen, omkring -70 dBm og derunder vises 0,0000001 mW, eller 0,1 nW, men kun de -70 dB vises rigtigt. AD8307's 92 dB dynamikområde resulterer i output spænding fra ca. 0,06 Volt som det



ved ca. -76 dBm, op til 2.5 Volt som det højeste. Internt i AD8307 kan der være differencer, som resulterer i, at databladets oplysninger om, at den giver 0,025 Volt pr. dB, kan svinge ganske lidt, mellem 0,024 og 0,026 Volt. Dette kan dog let justeres i softvaren, og er i mit tilfælde justeret til 0,0255 Volt.

Ekstern referencespænding på 2,5 V

ARDUINO UNO processorens AREF, pin 21, bestemmer referencepunktet for AD-converteren. Standard er "INTERNAL" CPU-spænding, (5 Volt, eller den målte spænding til CPU'en) med 10 bits opløsning, altså 1024 trin.

Hvis AREF tilføres en anden spænding, bliver denne ny reference, f.eks. 2,5 Volt. Det giver en lavere maksimal spænding, men stadig 1024 trin. I ARDUINO-C sketchen under "setup()", skrives "analogReference(EXTERNAL);". Nu er AREF sat til en ekstern spænding, som dannes med den ultimative referencespænding.

AD1403/AD1403A* Low Cost, Precision 2.5V IC References hedder den, en lille 8 bents dims i et DIL-hus, og med extreme fine data. Den er blevet monteret i stedet for en tidligere variabel spændingsdeler.

AD1403N kan købes på Ebay, til forskellige priser, enkeltstykpris i dag, sept 2015 DKK 9,81, eller 10 stk. for DKK 39,63.

MHz	Afvigelse i dB
1	0
20	0
30	-0,18
40	-0,33
50	-0,37
60	-0,55
70	-0,55
80	-0,74
90	-0,93
100	-0,93
120	-1,23
140	-1,3
160	-1,49
180	-1,68
200	-1,98
250	-2,55
300	-2,62
350	-2,81
400	-3,0
450	-3,18
500	-4,12

Tabel 1. Linearitet målt op mod en HP 8648 generator

Jeg var så heldig, at lokalforeningens lagermand vidste hvor den lå på lageret. Den er PLUG & PLAY, helt uden justering.

Ben 1 er spænding input - fra 6 til 40 Volt, ben 2 er 2,5 Volt output, og ben 3 er GND, og ben 2 forbindes direkte til AREF på Arduino uno eller ben 21 på ATmega328P.

Med denne reference fås $2,5 \text{ Volt} / 1024 = 2,44 \text{ mV}$ pr. trin (0 til 1023 = 1024).

Måling begynder først ved en ADC værdi på 68 svarende til ca. - 74 dBm, men er ikke præcis før vi når til ADC værdien 118 = - 70 dBm, fordi vi er helt nede i det ulineære område på AD8307, men herefter vises 10 dBm for hver 103 til 104 trin.

AD-converter-opløsning er således $25 \text{ mV} / 2,443 \text{ mV}$ eller 23,25 trin pr. dB. Dette er rigeligt ved udskrivning af resultatet med 2 decimaler.

Application Note siger, at det kan lade sig gøre, at dække frekvensområdet fra 0 til 500 MHz, og ved at teste med en Agilent 8648 signalgenerator med et output på 0 dBm, ses forskellen i tabel 1.

Målehoved dækker frekvensområdet fra ca. 1 kHz til 100 MHz, med under 1 dB forskel i visningen, og den viste tendens med en afvigelser på mere end 1 dB over 100 MHz kan skyldes flere forskellige ting, først og fremmest et dårligt eller for langt RG58 målekabel mellem generator og millivoltmeter. Men der kan også være unøjagtigheder i målegeneratoren.

Udvidet effekt-måling

Effektmåling kan selvfølgelig udvides med passende power-attenuatorer, hvoraf EDR Frederikssund har bygget både 40 dB og 60 dB power-attenuatorer efter beskrivelsen i QST i 2001. Disse vil fint kunne kobles foran målehovedet, og dermed vise effekter over 1 kWatt. Foto 1 viser et par eksemplarer.

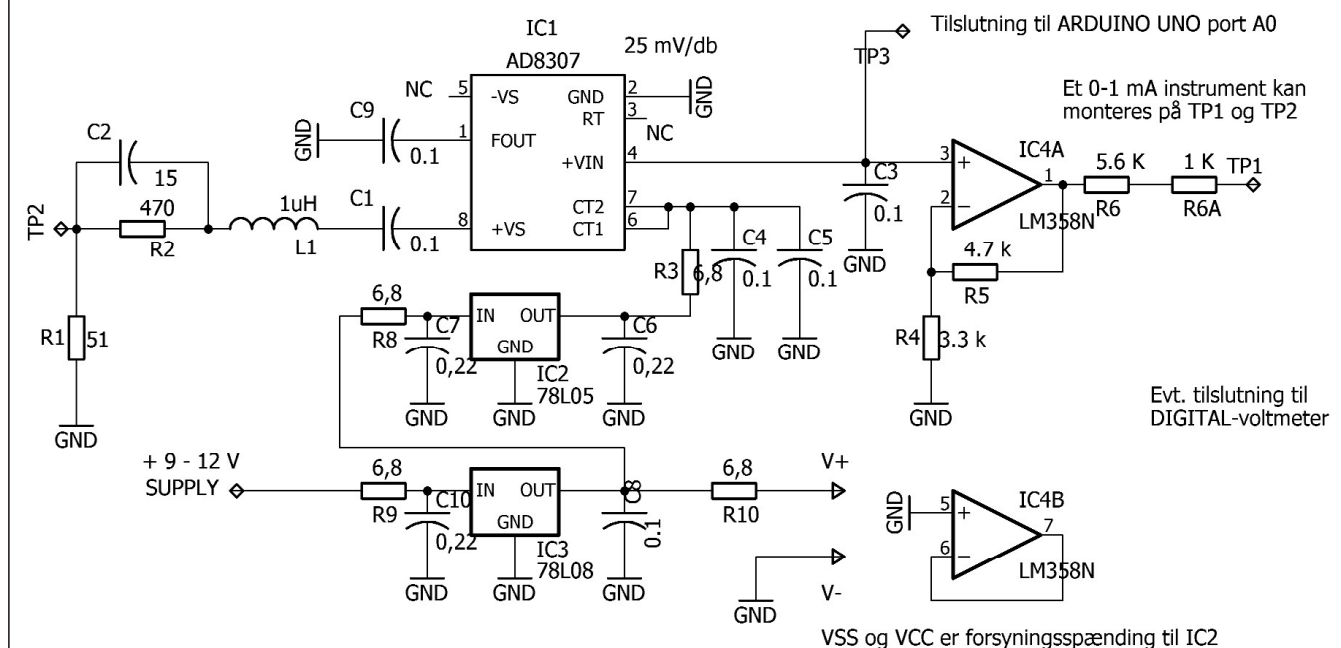
Beskrivelse

Diagrammet til målehovedet ses i figur 1. Forsyningsspændingen tilføres fra en væg-adaptor fra 9 til 12 V, eller et batteri. Der er 2 spændingsre-



Foto 1. Eksempler på effekt målehoveder

MILLI Watt meter



Figur 1. Diagram af målehovedet

gulatorer til 8 hhv. 5 V. 8 V regulatoren sænker varmen i 5 V regulatoren, og OPAMP'en LM358N skal helst have lidt mere spænding end resten af opstillingen og tilføres derfor 8 V. Selvinduktionen L1 er med til at rette frekvensgangen i indgangen, og er blot en enkelt vinding på et 6 mm bor, tråddiameter 0,5 mm - f.eks. et stykke forsolvet inderleder fra et TV-kabel.

Faktisk kunne man have stoppet ved AD8307 og dens spændingsregulator, men brugen af en halv LM358N til at drive et analogt viserinstrument er med, fordi vi som radioamatører bedst kan trimme et signal til max. ved at kigge på et viserinstrument.

Et viserinstrument kan shuntes så det viser 0 dBm ved ca. 78 procent udslag, og derefter vil det kunne vise fra -70 dBm ved 5 - 7 procent udslag, -30 dBm ved ca. 47 procent, og +18,5 dBm ved ca. 96 procent udslag. Efterfølgende kan man aflæse et display for at få den nøjagtigere udlæsning.

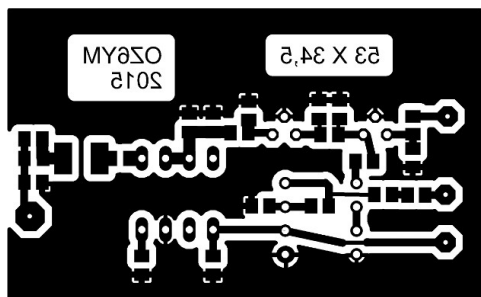
Med en kalibreret signalgeneratorer det en nem sag, at lave en skala på et viserinstrument, men har man ikke adgang til en generator, er stor nøjagtighed på viserinstrumentet ikke nødvendigt, da man jo blot er interesseret i at kunne trimme til maximum. Derfor kan man også blot tilslutte et højimpedanset voltmeter til terminal TP1.

TP2 er indgangen til AD8307 som har et netværk, der tillader signaler op til 500 MHz at slippe igennem. TP3 er AD8307's udgang, som forbindes til analog port A1 på ARDUINO UNO R3 direkte.

Printudlæg

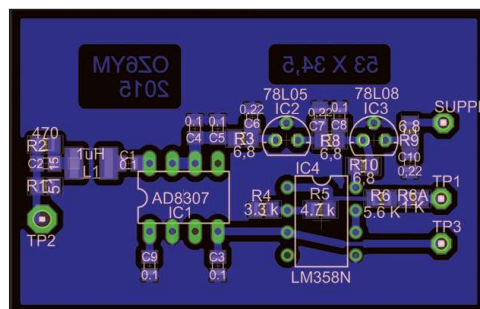
Printudlægget og komponentplaceringen til målehovedet ses i figur 2 og 3. Printet er tilpasset, så det kan være i en blikæske på 53 x 34,5 x 30 mm indvendige mål.

Tilledninger til spændingstilførsel er ført ud af blikæskan med gode gennemføringskondensa-



Figur 2. Printlægget.

Printets størrelse er 53 X 34,5 mm



Figur 3. Komponentplaceringen

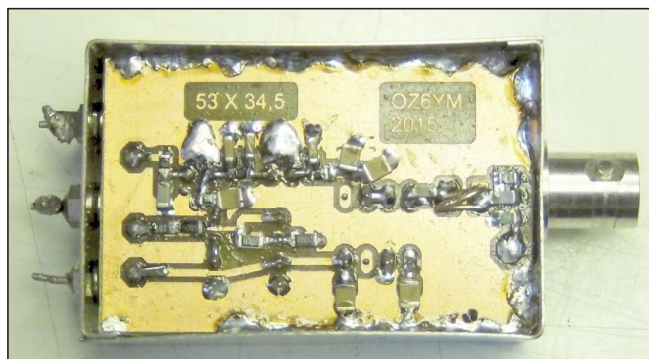


Foto 2. SMD siden af printet

torer. Kassen er stel og de sidste 2 terminaler er til viserinstrumentet hhv. til ARDUINO UNO R3. Da vi her kun arbejder med rene DC-niveauer, er ledningsføringen herefter ganske ukritisk.

Jeg har valgt at bruge SMD-komponenter, der hvor det var muligt, og da jeg havde både AD8307, LM358N, MV78L08 og MV78L05 liggende i alm. DIL og standard transistorer i stort hus, blev det således, at SMD-komponenterne blev monteret på printsiden, og de 4 DIL kredse på den modsatte side. Dette begrænser antallet af huller, der skal bores, og det fungerer fint. Se foto 2 og 3.

ARDUINO UNO R3 eller et CPU-print

ARDUINO UNO R3 kan bruges direkte, og kan bygges med ind i den kasse, man vil have til sit instrument, men hos mig blev ARDUINO UNO R3 kun brugt til at programmere CPU'en, en ATmega328P, magen til den der sidder i en ARDUINO UNO R3.

Hjalmar, OZ1JHM, har tidligere beskrevet en morse-decoder her i OZ, og ud fra den artikel har jeg fremstillet et print, som kan monteres på bagsiden af et 4 x 20 karakters standard display, se figur 4.

Dette print er beskrevet på min hjemmeside, på adressen:

<http://www.planker.dk/Projects/Arduino/Decoder/Decoder.htm>

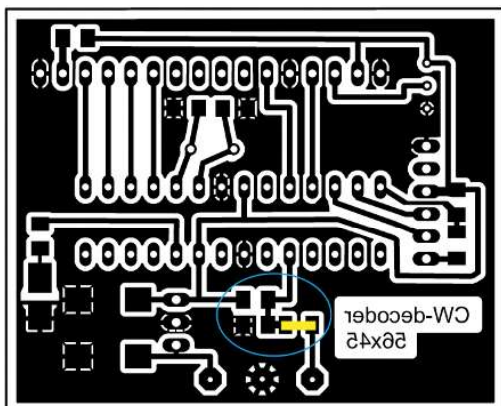


Fig 4 CPU print

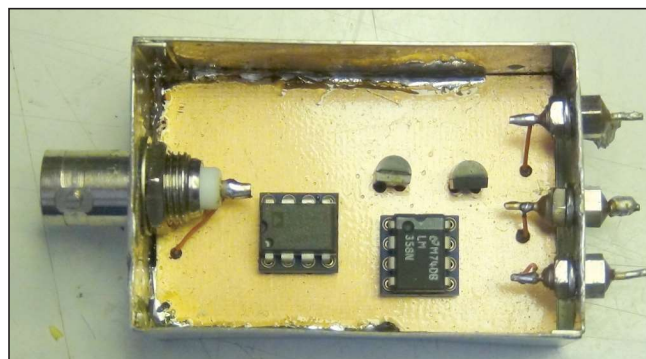


Foto 3. "DIL siden" af printet

Ved brug af dette print, undlader du at montere komponenterne inden for den blå ring og forbinder/kortslutter terminalen markeret med GUL. Denne terminal på ATmega328P er Analog A1. Den lodrette stribe terminaler (6 stk) i højre side af printet, kan tilsluttes en FTDI FT232 programmer, en lille "USB to serial-interface", hjemkøbt via EBAY fra Kina til DKK 14,41 (alt betalt), og som kan programmere CPU'en i sin konstruktion, så den således ikke behøver at blive overflyttet til/fra din ARDUINO UNO R3 igen og igen, i en "TRY and ERROR"-situation. Foto 4 viser displayet med decoderprintet bagpå.

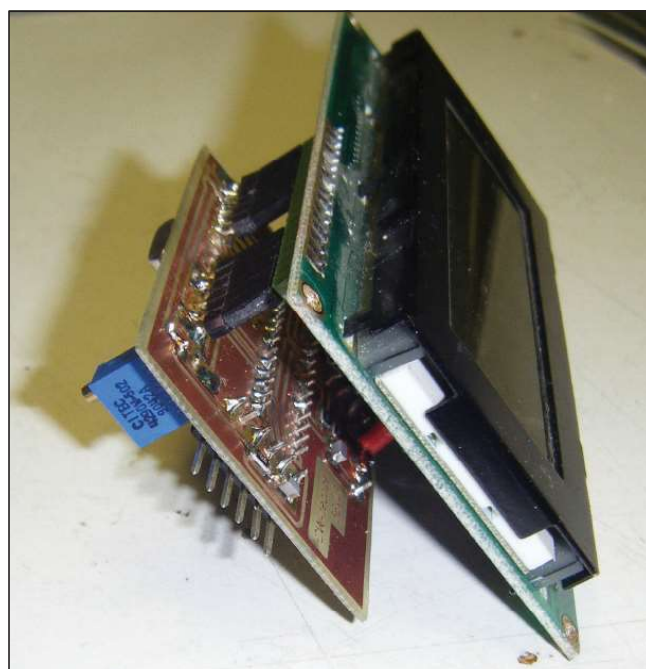


Foto 4. Display på OZ1JHMs print

En ATmega328P-CPU med BOOTLOADER koster for tiden DKK 10,53 på E-BAY pr. styk, og det kan bringe omkostningerne væsentlig ned i forhold til, at bruge en ARDUINO UNO R3, der hos RS-ONLINE her i september 2015, koster over DKK 200,00, incl. moms.

Med en ATmega328p monteret i en sokkel, samt en FT232 og et mellemkabel fra dit fotoapparat

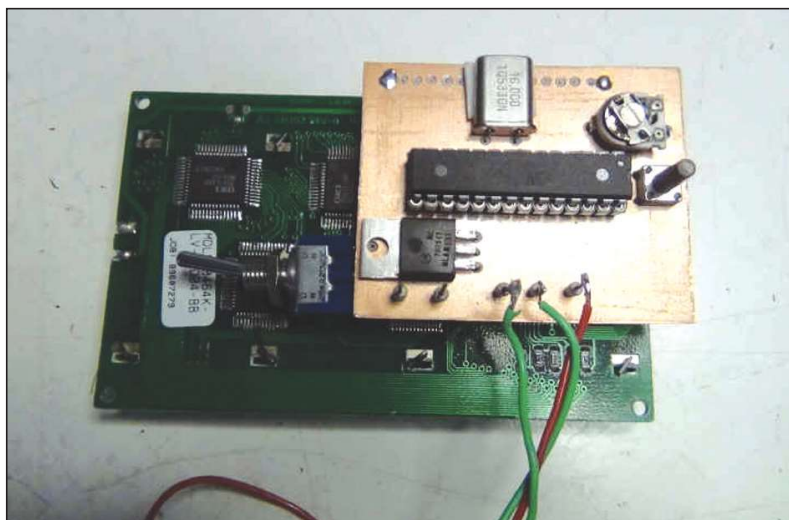


Foto 5. Display nu med ATmega328 printet

med USB til miniUSB-interface, er du hurtigt i luften med dit mWattmeter.

Samlet udgift DKK 25,00, i stedet for udgiften til Arduino UNO R3, på over 200 kr. Foto 5 viser ATmega328 printet bag på displayet. De 2 grønne ledninger på billedet er spændingsforsyning til både CPU og Display.

Burn-in

Foto 6 viser noget af det færdige resultat, efter testen af, at det udskriver det samme som en HP9601A kan levere.

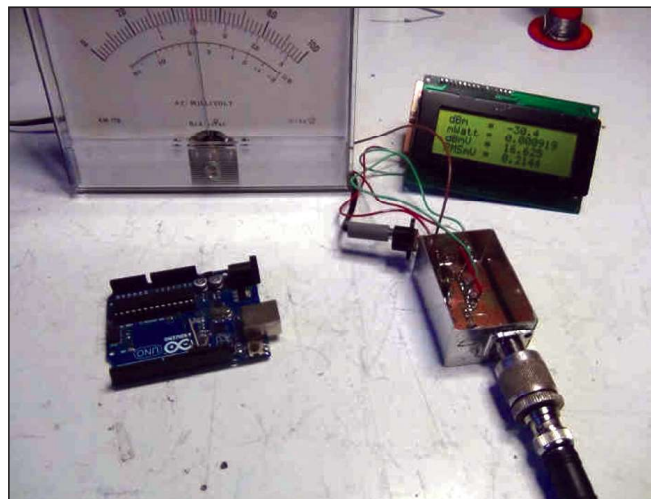


Foto 6. Målehovedet under test

Indbygningskassen er et stykke arvegods hvor der i sin tid har været indbygget et analogt mod-stykke til dette digitale måleinstrument. Forpladen kunne ikke bruges i det nye instrument, så et stykke dobbeltsiddet printplade udgør den nye forplade. Resultatet ses i denne artikels titelbillede, og i foto 7 ses det færdige HF mWattmeter, tilsluttet en HP8601A, som afleverer 0 dBm, hvilket også kan aflæses på både display og viserinstrument.



Foto 7. Fin overensstemmelse på skalaerne

Den analoge skala er fundet på nettet, forstørret og tilpasset i MSPAINT, og udskrevet på laserprinter, men her har fantasien frit spil, og du har måske en anden løsning.

Programmet til ARDUINO UNO R3 eller Atmega328P er lavet som PLUG & PLAY (plukket fra andre frie programmer på nettet og sammensat), og findes i filen "MilliWattMeter2015.txt".

Det kan downloades fra EDR's hjemmeside under Downloads eller på min hjemmeside:

<http://www.planker.dk/Projects/Arduino/MyProject.htm>.

Du finder måske programmet rigeligt kommenteret, men min erfaring er, at det at læse andres program-beskrivelser, kan være noget af en udfordring, og.... måske kan en novice lære noget....

Jeg vil ikke gå i detaljer med, hvordan du programmerer din ARDUINO UNO R3, det er tidligere forklaret her i OZ, , men får du problemer, så kontakt mig via min hjemmeside.

God fornøjelse.

Referencer:

Formler, brugt i programmet:

<http://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/808>

QST-artikkel fra 2001,

<http://www.qsl.net/sz1a/download/build%20an%20rf%20power%20meter.pdf>

Weekendprojekt 4: DC-voltmeter

Indledning

Denne artikel beskriver et simpelt voltmeter, som kan måle DC-spænding i fire områder, og hvor udlæsningen sker på et analogt viserinstrument. Voltmeteret er beregnet til anvendelse sammen med diodeproben, som tidligere er beskrevet her i bladet.

Ved justering af svingningskredse og forstærkere er det nemt at finde det maksimale output ved hjælp af en diodeprobe og det analoge voltmeter.

Kredsløbet

Voltmeterets diagram ses på figur 2. Strømforsyning sker fra et fotobatteri af typen 28L (4LR44), som afgiver 6 V. Jeg har valgt dette batteri pga. størrelsen. Hvis du foretrækker et 9 V batteri, er det helt ok, der skal bare være plads til det i kabinettet. Opstillingen virker når driftspændingen er mellem 3 V og 32 V. Strømforbruget er ca. 2 mA.

R1 og R2 danner en spændingsdeler, så spændingen på IC1a pin 3 er det halve af batteri-spændingen. Denne spænding føres gennem IC1a, som er en spændingsfølger med forstærkningen 1.

På pin 1 har vi den samme spænding som på pin 3, men med meget lav udgangsimpedans. I praksis betyder det, at pin 1 leverer en meget stabil spænding.

DATABLADET fra Analog Device over AD8307 finder du på:

<http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8307.pdf>
eller prøv og GOOGLE AD8307

OZ nr. 6 2013, Power Meter 2012 af OZ9VQ, Erik Clausen og OZ7EC Erik Christiansen

OZ nr. 12 2014, CW DSP decoder - et meget nemt og brugbart Arduino projekt, af OZ1JHM, Hjalmar Skovholm Hansen

Printudlæg til ovenstående:

<http://www.planker.dk/Projects/Arduino/Decoder/Decoder.htm>

Hvis du interesserer dig for, at lege med ARDUINO, er her lidt begynder oplysninger, og om hvad jeg ellers roder med:

<http://www.planker.dk/Projects/Arduino/MyProject.htm>

OZ

Af Lars Petersen, Holstebro
oz1bxm@pobox.com

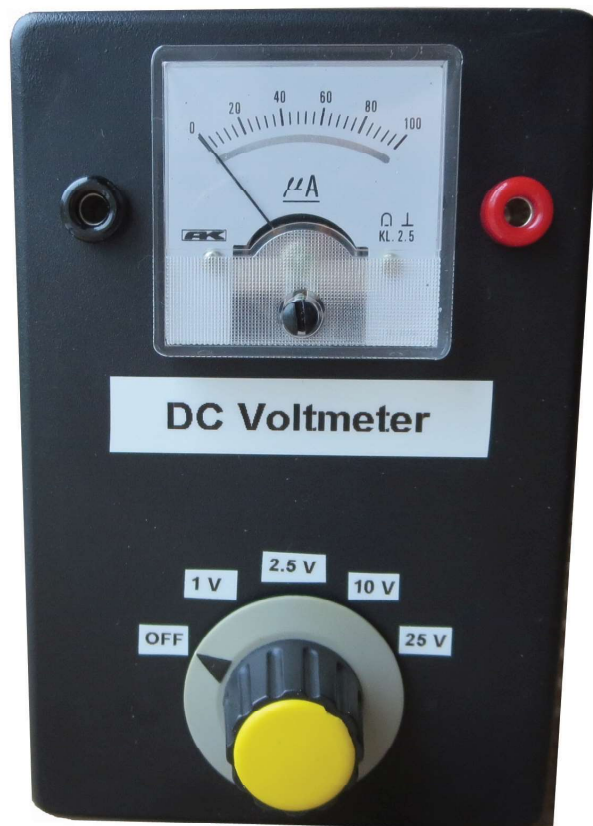


Foto 1. Det færdige DC-voltmeter

Pin 1 kaldes for virtual ground, og bruges som stel i resten af kredsløbet.

IC1b er også koblet som spændingsfølger. Der er