

# Mikro/milliwattmeter, endnu en gang... Efteråret 2016

Af OZ6YM, Palle A. Andersen



## Features

Processorstyret RF mikro/milliwatt meter, med følsomhed ned til ca. 50 pW, eller -70 dBm og op til ca. +18 dBm som maksimalt input, med nøjagtig digital udlæsning med 0,1 dB opløsning, og med et analogt viserinstrument til at justere signaler efter.

Med passende Powertaps, -40 eller -60 dB, vil instrumentet kunne vise effekter til over 1000 W.

Instrumentet drives af +/- 12 Volt med et totalforbrug på knapt 45 mA, inkl. den udvendige probe's forbrug.

I OZ fra april 2016 fortalte jeg om, at ARDUINO UNO kan måle dBm, mW, dBVolt og rms mV, et måleinstrument, der nemt kan blive dit vigtigste på amatørradiostationen. Jeg har eksperimenteret en hel del med flere variationer af målehovedet, og fundet, at det er upraktisk med et målehovede, som er indbygget i en kasse. Der bliver for lange ledninger mellem instrumentet og DUT, der skal måles på, og som medfører tab og unøjagtigheder. Desuden havde jeg nogen besvær med, at få det analoge instrument til at følge den digitale udlæsning.

Jeg har da også gjort mig overvejelser, om nu dette emne kunne tåle, at blive vendt endnu en gang i OZ, og med de eksperimenter, som jeg har foretaget hen over foråret og sommeren, er jeg blevet enig med mig selv om, at det nok kan gå an.

Som projekt består det nu af et printudlagt CPU-kontroller, med et 4 linjer x 20 karakterer display, dobbelt spændingsregulering og analoge meter justering. Printet har, af praktiske grunde, samme størrelse som displayet, og kan monteres på dets bagside. Hertil kommer en ny løs probe, som vises efterfølgende.

## CPU-kontrolleren

Instrumentet er baseret på en processor, ATmega328p, samme som en ARDUINO UNO R3. Se figur 1.

Vær klar over, at man sagtens kan bruge en Arduino Uno V3 i stedet for kontrolleren, beskrevet herunder, dog kræves der mulighed for justering af AREF-spænding med trimmer. Egentlig er der ikke den store forskel i forhold til diagrammet i OZ April 2016, blot bemærkes, at spændingsforsyningen er stabiliseret 2 gange. Først til 8 V og derefter til 5 V. Desuden drives det analoge viserinstrument nu direkte af processoren, med blot et potentiometer til justering af MAX udslag, hvilket har lettet synkroniseringen mellem den digitale og den analoge visning.

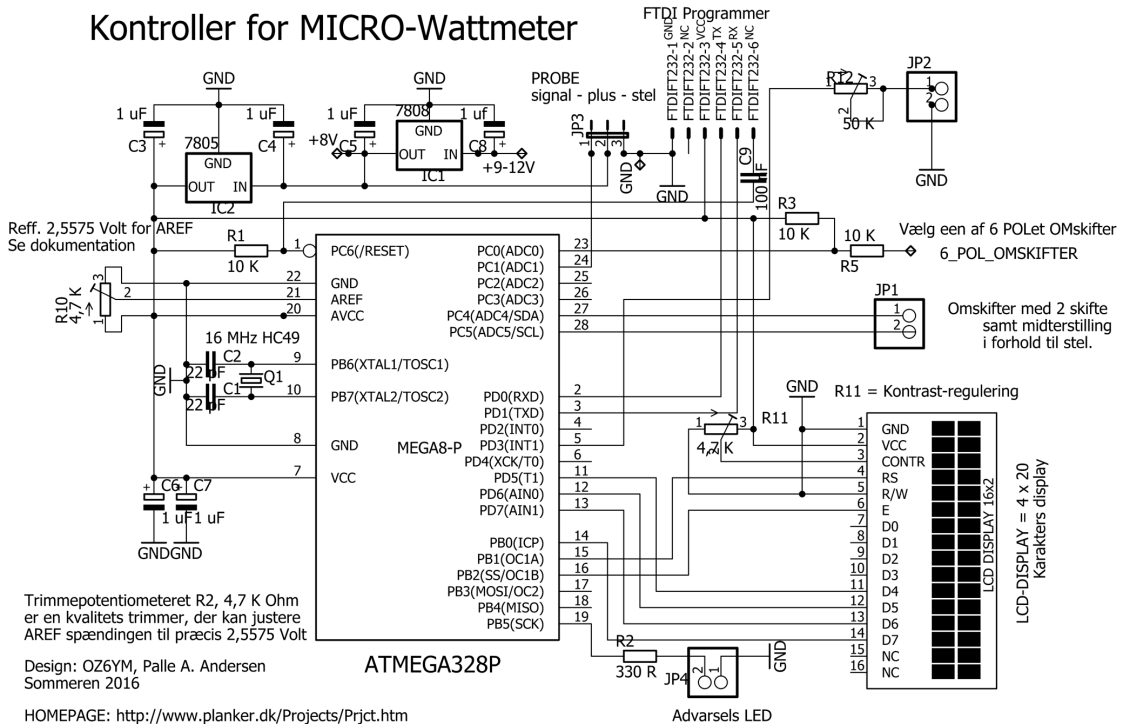
Den dobbelte stabilisering af spændingen til processor er nødvendig, fordi den tidligere

benyttede stabile zenerdiode AD1403 til styring af AREF, viste sig ikke at være helt så heldig valgt som forudset. Den afgivne spænding på 2,5 V var for lav, idet AD8307 afgiver højere spænding end 2,5 V. Det er nu ændret til en potentiometer løsning, og med den dobbelte spændingsregulering er der opnået et stabilt og sikkert resultat, når blot potentiometeret er af god 10 turn's kvalitet.

Displayet er et 4 x 20 karakterers standard display, med en han pinheader monteret. Dette kan således stikkes i en tilsvarende hun header, som monteres på kontrollerprintet.

Ved processorens to GND-terminaler, pin 8 og pin 22, udføres en gennemplatering med en tråd, som loddes på begge sider af printet, til sikring af ordentlig grundplan og eliminering af støj fra CPU'en.

# Kontroller for MICRO-Wattmeter



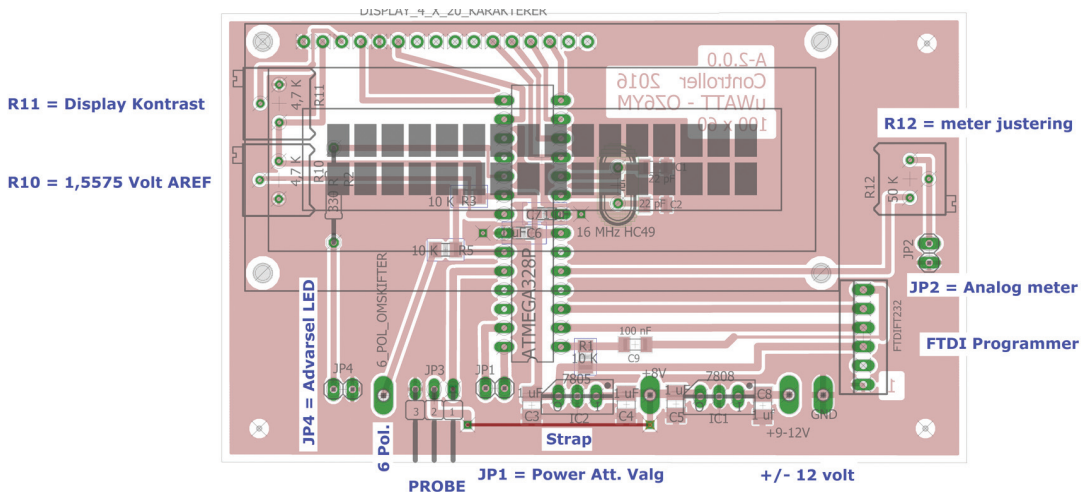
Figur 1. Diagram af kontrolleren. R1 og R2 = 10 K Ohm. A4(pin27) og A5(pin28) tilsluttet JP1 på printet, og +5 Volt og minus, som vist.

Desuden er der en stråpning i bunden af printet, mellem + 8 Volt og JP3 PROBE. Figur 2 og 3 viser printudlægget.

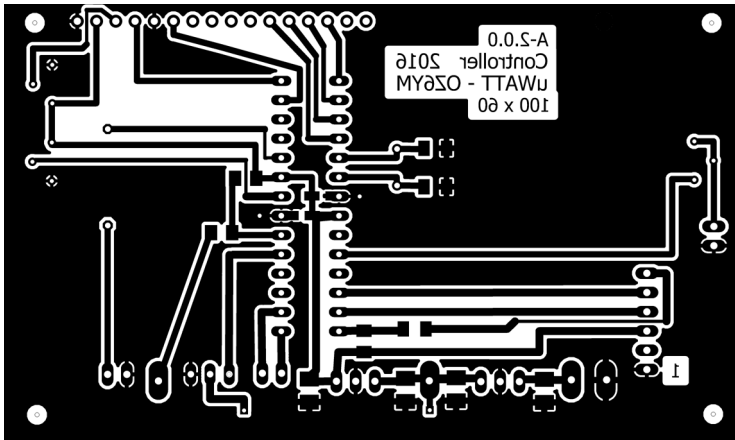
## Bemærkninger til kontrolleren

Reference spændingen til AREF genereres af et 10 turns, 4,7 K Ohm's kvalitets trimmepotentio-meter, monteret mellem GND og den dobbelt

stabiliserede spænding, + 5 volt, med midterbenet lagt til AREF, som justeres til 2,5575 Volt. Har man ikke et præcisions Ohmmeter med mindst 4 decimaler, kan man aktivere udskrivningslinje i programkoden, som udskriver det læste tal fra AD8307 på første linje i pos.16. Linjen til udskrivning ligger i rutinen: void omregn\_dBm(), og består af 3 linjer.



Figur 2. Printudlæg til kontrolleren set fra komponentsiden, bortset fra SMD komponenter, der monteres på kobber-siden. Printets størrelse er 100 X 60 mm.



Figur 3. Printet set fra den side der vender mod displayet, stadig komponentsiden.

```

lcd.setCursor(16,0); lcd.print(" ");
// sletter det forrige resultat

// lcd.setCursor(16,0); lcd.print(val1);
// udskriv værdien til viserinstrument

// lcd.setCursor(16,0); lcd.print(AD_data);
// udskriv læst værdi fra AD8307

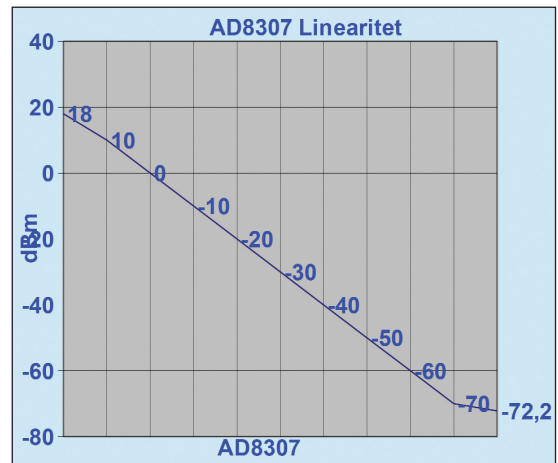
```

Der vælges én af de to nederste linjer, som aktiveres ved at fjerne de 2 forreste "//" i linjen. Med den nederste linje valgt, justeres potentiometeret således, at ved max. input fra en tilsluttet signalgenerator, skrives der 1020 i displayet, men vigtigst er, at et input på 0 dBm giver tallet 832, og øvrige efter tabel 1. Husk, at de-aktivere udskrivningen efter justeringen.

dBm	AD8307
18	1020
10	937
0	832
-10	728
-20	623
-30	519
-40	414
-50	310
-60	205
-70	101
-72,2	70

Tabel 1. Af ovenstående EXCEL-ark ses AD8307's linearitet i denne konstruktion. Der er en ubetydelig falden af helt i toppen, og også i bunden ses noget. Resten viser meget fin linearitet.

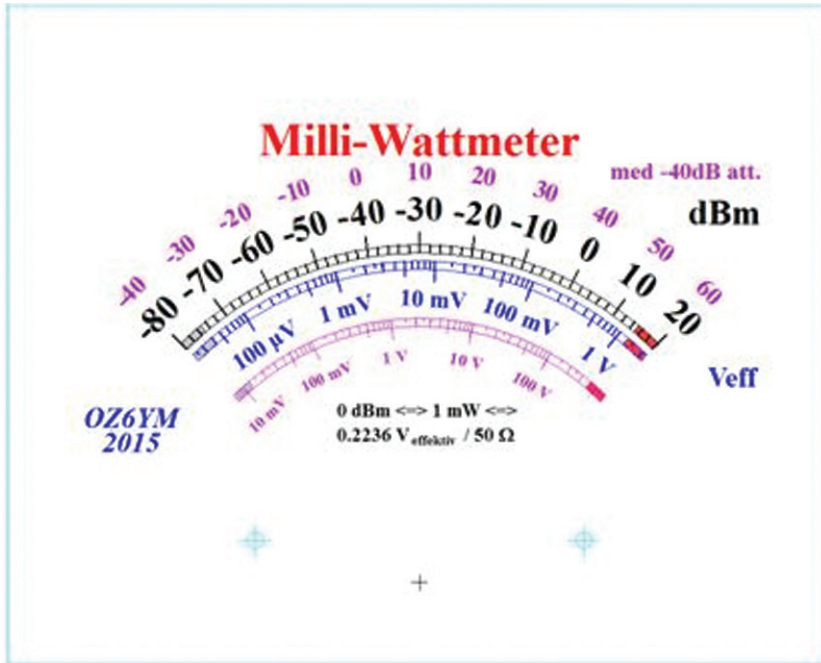
Det geniale i AD8307 ligger i, at den er utrolig lineær, og man kan regne temmelig sikkert med, at den holder hvad den lover, nemlig en opløsning på 25 mV/dB, og så er den billig. Se figur 4.



Figur 4. Linearitet af AD 8307

Dermed ligger det lige til højrebenet, at ATmega328p's analoge input giver en opløsning fra 0 - 1023, og så få dette til at falde sammen med AD8307's opløsning.

Dette kan gøres ved at justere AREF-spændingen:  
 $0.0025 \text{ V} = 0.1 \text{ dBm}$ ,  
 $1023 * 0.0025 = 2.5575$ , den spænding AREF skal justeres til, og så er der sammenfald med 0,1 dB's opløsning på displayet.  
 Se Referencen sidst i artiklen for resten af koden.



Figur 5. Meterskalaen tegnet i GALVA

### Det analoge måleinstrument

Jeg har eksperimenteret en hel del med at få den analoge skala til at følge den digitale. Det instrument jeg benytter, har siddet i en ældre version af et analogt instrument, oprindeligt bygget hos Brüel & Kjær. Det har en følsomhed på 200 Ua for fuldt udslag. Et næsten hvilket som helst instrument med 1 mA fuldt udslag kan benyttes. Under mine eksperimenter, slog det mig pludselig, at jeg kunne undvære den analoge meterforstærker, og blot lade processoren vise resultatet af målingen. Derfor blev det til, at jeg benytter ATmega328p's mulighed for, at sende et analogt signal ud på en port, med en opløsning på 8 bits (256 trin), og da den digitale udlæsning er 1024, altså 256 x 4, så kunne jeg blot dele AD8307's signal med 4 og sende det til en port, som styrer det analoge instrument.

### Den analoge instrument-skala

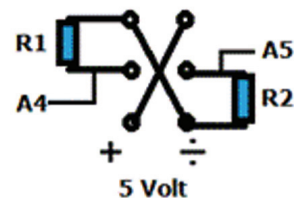
Skalen, figur 5 er lavet med programmet GALVA, skrevet af F5BU - se referencer. Filen til denne skala kan hentes fra min hjemmeside, se referencer - Filens efternavn.TXT ændres til .DAT. Tryk på linket og kopier teksten over i en fil under GALVA, og giv den et navn, f.eks. xxx.dat. Programmet er enkelt at redigere i, og kan nemt tilpasse denne fil til næsten alle analoge instrumenttyper. Udskriv skalaen med GALVA, som også kan sætte størrelse og vinkel på skalaen, på fotopapir.

Vær opmærksom på, at dBm-skalaen er lineær og ikke logaritmisk på viserinstrumentets skala. Dette skyldes jo det forhold, at AD8307 tager sig af alt det der logaritmiske, så det ser vi ikke. Skalaudlæsningen har en dBm-skala = NORMAL, men også en uV RMS skala. Denne sidste, kan dog kun aflæses korrekt i NORMAL stilling, og ikke ved indskydning af f. eks. en -40 dB's POWERTAB, og er kun med fordi det nu var muligt. Under referencer er der LINK til en YOUTUBE videodemonstration af lineariteten af den digitale udskrivning sammenholdt med den analoge skala.

### Powertap

Her kan udskrivning på display og analog meter kompenseres, hvis der monteres en powertap (attenuator) på 40 eller 60 dB, og dermed bruge instrumentet som Wattmeter op til over 1000 W.

Det laves med en dobbelt omskifter med neutral midterstilling, se figur 6.



Figur 6. Kobling af omskifteren til 20 og 40 dB

Omskifteren vil i sin midterstilling vise fra ca. -70 til +18 dBm. I den ene yderstilling vil der blive fratrukket 40 dB, og i den anden yderstilling vil der blive fratrukket 60 dB i softwaren.

Det betyder, at med en -40 dB powertab indkoblet, vil 0 dBm blive flyttet til 40 dBm, både på den digitale udskrivning, men også på den analoge skala - dog kun hvis der på viserinstrumentets skala er plads til at kompensere for 40 eller 60 dB.

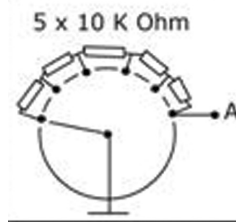
Dette skyldes, at "analogWrite" kun kan udskrive tal mellem 0 og 255, og hvis man i forvejen viser et svagt signal, f. eks. -50 dBm, vil man ikke få et brugbart resultat af, at vise -50 -40 dBm, da instrumentet ikke kan vise -90 dBm. En LED benyttes til at afgive advarselsblink, hvis denne situation skulle opstå.

Powertaps er tidligere lavet som klubprojekt i EDR Frederikssund, og er derfor brugt som udgangspunkt. Har du en anden powertap, har du mulighed for selv at tilrette programmet, og redigere skalaen til viserinstrumentet.

### Frekvenskompensation

Det har vist sig, at det ikke er muligt at holde skaleringen ved stigende frekvens op til de 500 MHz. Der vil blive mistet for megen følsomhed ved indførelse af dæmpeled til denne udjævning, så derfor er der indført en kompensering for faldet i visning. Denne kompensering sætter fejlvisning til ca. 0,5 dB i frekvensområdet 0 til 500 MHz, kalibreret med EDR Frederikssunds signalgenerator, en HP8648, ved 0 dBm.

En 6 polet omskifter forbindes som vist på figur 7 og forbindes til kontrollerprintet som markeret på oversigtsbilledet med komponentplaceringen, nederste venstre side. På printet er det pin A0, og den læses med følgende rutine i softwaren: (se ramme nederst på siden)



Figur 7. Spændingsdeleren til frekvenskompenseringen

Her er der også mulighed for at aktivere en udskrivningslinje, som udskriver det tal, der repræsenterer omskifterens stilling. Tallene ses herover som case-tallene. Det er også i denne rutine du kan ændre på kompensationsværdien, hvis der skulle være en forskel mellem min probe og den du har lavet.

I programmet ses: `nyval = int(val/10)`; som deler tallet der læses, med 10, og smider decimaldelen væk. Dette vil forhindre, at tallet, som læses i LOOP, vil stå og flimre på sidste ciffer.

Således sættes "Komp" til en værdi, der tillægges "dB", afhængigt af det frekvensområde man har valgt med omskifteren, og på den måde er jeg endt med ca. en halv dBs fejlvisning over hele området op til 500 MHz, med maximal følsomhed på instrumentet.

### Proben

Proben bygges efter diagrammet vist i figur 8. TP1 er probespids, TP2 er output fra AD8307, og TP3 er tilslutning til + 8 Volt, som alle kommer fra kontroller-printets JP3.

Designet er tilpasset en "HF-komponentboks BNC, 66 CB-35-0-1, Huber+Suhner", som jeg har erhvervet mig brugt fra en anden radioamatør. Den kan købes hos ELFA Distrelec, med ovennævnte betegnelse.

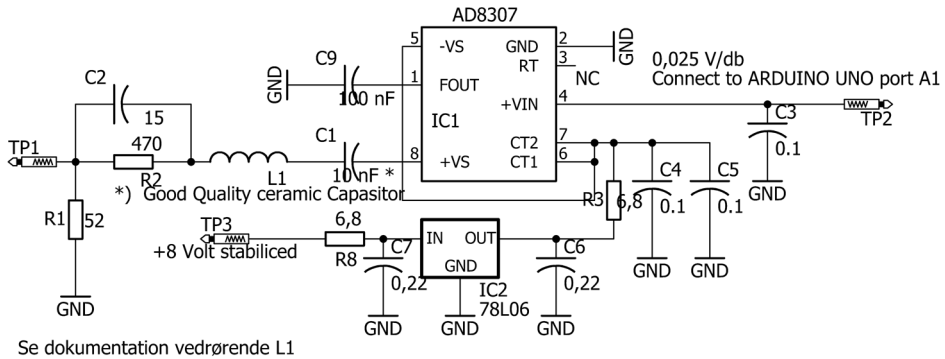
```

//*****
// Kompensation for skiftende frekvens-område
//*****
void Kompensation()
{
  val = analogRead(analogPin); // Læs den ANALOGE input pin (A0) nyval = int(val/10); // her vil værdien 483 f. eks. blive 48

  // LCDPrint(nyval,15,0);
  switch(nyval) {
    case 48: Komp = 0.4; break; // 0 -100 MHz, Kompensationsværdi = 0.4 dB
    case 65: Komp = 1.4; break; //100 - 200 MHz
    case 74: Komp = 2.4; break; // 200 - 300 MHz
    case 79: Komp = 3.9; break; // 300 - 400 MHz
    case 83: Komp = 5.1; break; // 400 - 500 MHz
    case 85: Komp = 6.5; break; // 500 - op MHz
  }
}

```

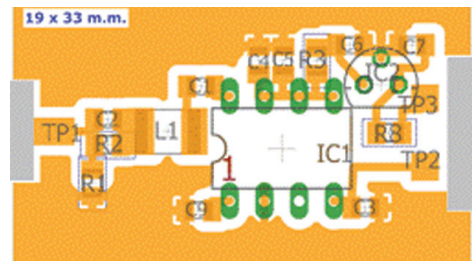
# dBm mWatt meterPROBE



Figur 8. Diagram af proben



Figur 9. Printudlæg til proben.  
printet er 19 X 32 mm.



Figur 10. Komponentplaceringen.

Prisen er som andre Suhner produkter, i den dyre ende, p.t. 230 kr. Foto 1 og 2 viser den færdige probe.

## Opbygning af proben.

Figur 10 og 11 viser probens printudlæg og komponentplacering. Printets størrelse er 19 x 32 mm.

Bor en række huller i printets langsider som "husmandsgennemføringer", en tråd, der syes gennem hullerne og loddes på begge sider af printet, til sikring af ordentligt stelplan i proben, og du skal kunne montere SMD komponenter i dette projekt. R1 er i figur 9 benævnt 52 Ohm,

men er i realiteten dannet af 2 x 100 Ohm i parallel, altså 50 Ohm. L1 er 1 vindinger på et 4 m.m. bår, forsvøvet tråd, 0,6 m.m., som vist på foto af den åbne probe, fejlagtigt her benævnt med 1uH. Vær opmærksom på, at alle komponenter med undtagelsen af regulatoren LM78L05, er placeret på print-siden som overflademontering, også AD8307, med ben 1 til det, med rødt markerede ben, og dens stelben loddes på begge sider af printet.

Med printet tilpasset som vist på printudlægget, og fjernelse af materiale markeret med gråt passer en mini DIN hunkonnektor med 2 ben på

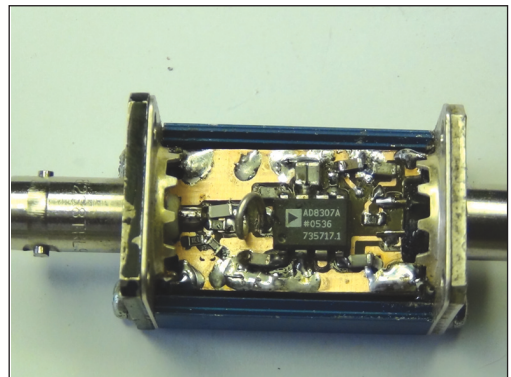




Foto 3 og 4 Opbygning af probe

hver side af printet. De 2 underste ben loddes til stel, og de 2 øverste som vist på foto 3 og 4, til henh.v. +8 V til TP3, og udgangen fra AD8307 til TP2.

Bagenden af komponentboksen er boret op således, at hunstikket lige præcis går stramt gennem hullet, uden anden befæstelse. En ledning med skærm som stel, af passende længde, 1,5 - 2 meter, gerne med en ferritkerne i nærheden af instrumentet, med et DIN han-stik, med beskrivelse, udgør forbindelsen til mWattmeteret, som er forsynet med en tilsvarende 4-polet DIN hunstik til chassismontage.

Den nye probe har et væsentlig bedre SWR end det tidligere indbyggede målehoved, hvilket ses tydeligt på sweepet lavet med en DG8SAQ VNWA, vist på figur 12. VSWR er bedre end = 1:1,42 op til 500 MHz.

**Referencer:**

Software kan downloades som tekst-file her: <http://www.planker.dk/Projects/Arduino/AD8307/dBm-Maalehoved.txt>

Marker hele filen, kopier og indsæt i ARDUINO IDE, kør en kompilering og du er næsten kørende.

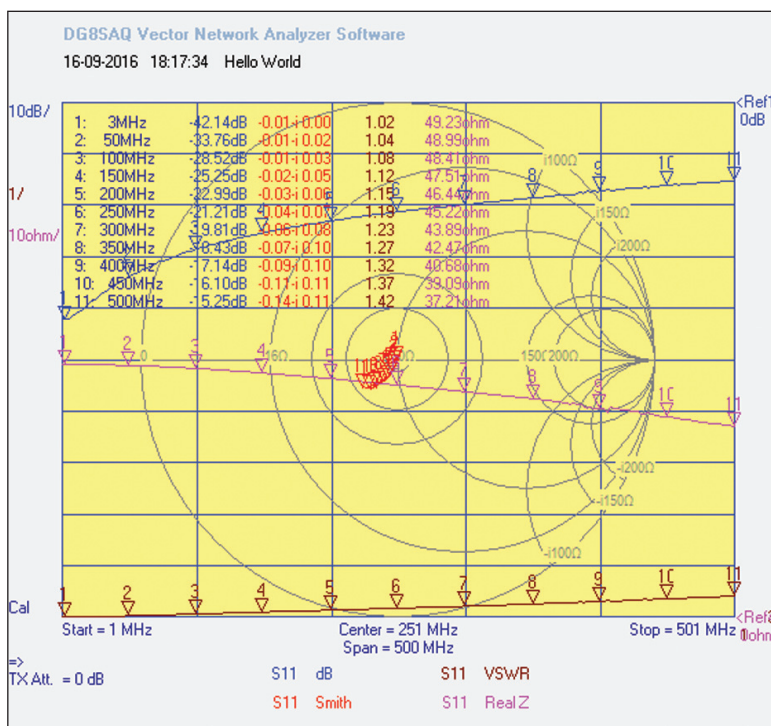




Foto 5. Meteret med digital og analog skala

GALVA Skala DAT-filen kan hentes her:  
[http://www.planker.dk/Projects/Arduino/MilliWattmeter\\_skala2015.txt](http://www.planker.dk/Projects/Arduino/MilliWattmeter_skala2015.txt)

GALVA's hjemmeside findes her:  
[http://www.f5bu.fr/wp/?page\\_id=13](http://www.f5bu.fr/wp/?page_id=13)

Probe-boxen kan købes her:  
<http://www.elfadistelec.dk/en/hf-component-box-bnc-huber-suhner-66-cb-35/p/14644896>

OZ April 2016, Arduino UNO R3 måler dBm, mW, dBuV og RMS mV i 50 ohm

DEMO-video af den analoge skala's kalibrering kan ses her:  
<https://youtu.be/xaUIQkL3vdA>

Efter en idé i QST fra 2001:  
[http://www.qsl.net/sz1a/download/build\\_an\\_rf\\_power\\_meter.pdf](http://www.qsl.net/sz1a/download/build_an_rf_power_meter.pdf)  
 ...med beskrivelse af konstruktion af POWER-APS, og eksempler på brugen af instrumentet.

Pin oversigt på ARDUINO UNO R3 sammenholdt med ATmega328p:  
<http://www.planker.dk/Projects/Arduino/AD8307/NewHead/ARDUINO.htm>



## Stof til OZ

Redaktionen modtager gerne manuskripter, billeder mv. elektronisk. Vi kan læse de fleste almindelige formater eksempelvis word og works.

Billeder, diagrammer og lignende bedes medsendt som separate filer.

Det ser stort set umuligt (for HR) at få et billede ud igen, når det først er kommet ind i tekstbehandlingsprogrammet.

Vi modtager selvfølgelig også manuskripter (såvel maskinskrevet som håndskrift) og billeder på papir.

Lad os for en god ordens skyld minde om, hvem der skal have stoffet:

Teknisk stof til: Teknisk redaktør Jørgen OZ7TA

Amatørannoncer til: EDR's kontor

Afdelingsmeddelelser, læserbreve, ikke tekniske artikler, silent key mv til:

Hovedredaktøren Flemming OZ8XW

Se adresserne forrest i bladet

## WEBSHOPPEN TILBYDER SPAR PORTOEN

Hvis du skal til Agerskov Forårsmarked den 25/3 og du inden den 23/3 har bestilt og betalt dine varer på EDR's webshop, vil du kunne spare porto og få din bestilling udleveret på Agerskov Forårsmarked.

Husk ved bestilling på webshop at sætte kryds i afhentning.

**Så bestil inden den 23/3  
 spar porto  
 og  
 afhent din bestilling  
 på Agerskov Forårsmarked**

**[www.edr-forlag.dk](http://www.edr-forlag.dk)**