

Digital- instrument

Av SM5BUJ Lennart Ranebäck
Valbygatan 6, 590 60 Ljungsbro

Digitala instrument innehåller en mätypsomkopplare och ett generellt användbart mätsystem. Det senare innehåller A/D-omvandlare, (Analog - digitalomvandlare), BCD-kodning, BCD-till 7-segmentomvandlare, displaydriver samt en display-enhet

Fabrikanten anger följande data för kretsen CA3162E:

Samplingsfrekvens 96/4 Hz, Inspänningsområde -99 mV - +999 mV. Matningsspänning +5V.

A/D-omvandlingen sker i två steg. Först omvandlas spänningen till en ström som sedan jämförs med en strömreferens. Olinjariteten anges till 0,1% + LSB, dvs + sista siffran 1 steg fel.

Fördelen med denna typ är att det inte behövs några yttre precisionskomponenter. Mätgången 10 och 11 är differentialkopplad. Detta ger en bra undertryckning av likfasiga signaler upp till 200 mV. Mätssystemet blir därmed relativt okänsligt för stör-signaler. Mätssystemets ingångsimpedans är 100 Mohm. Fig 2.

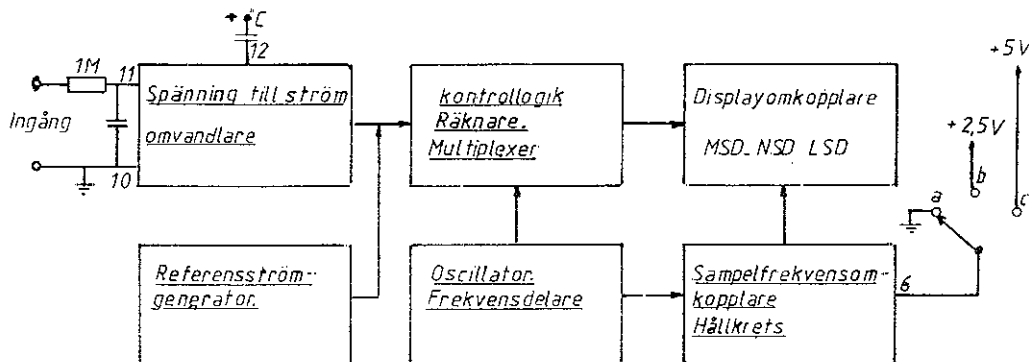


Fig. 2. Blockschema CA 3162E.

Omkopplarsystemet innehåller mätypsomkopplare (volt ampere eller ohm) samt områdesomkopplare, (*1 till *1000). Figur 1 nedan visas instrumentets blockschema

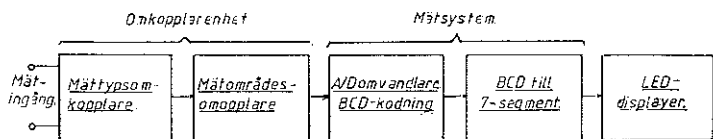


Fig 1. Blockschema över digitalinstrumentet

Analog/digitalomvandlingen begränsar systemets precision. Den analoga signalen mäts med en noggrannhet som bestäms av det antal bitar som A/D-omvandlaren arbetar med. En 4-bitars omvandlare delar den inkommande signalen i 16 delar vid maximal mätutslag. Är signalens amplitud 10 volt ger en 4-bitars omvandling en upplösning på 0,67 volt. Med så låg upplösning skulle en förändring från 0,67 volt till 1,3 volt inte ge någon ändring av utsignalen på displayen.

Normalt fordrar ett mätsystem minst 8 bitars upplösning, dvs det analoga mätvärdet uppdelas i $2^8=256$ delar. 10 volt delas upp i 256 delar om 39 mV per del. Avvikelsen från det rätta värdet blir då bara $39\text{mV}/10\text{V} \approx 0,4\%$. Om vi ökar upplösningen till 2^{10} , minskar avvikelsen till ca 0,1%.

En annan viktig egenskap hos A/D eller D/A-omvandlare är dess snabbhet. Med vissa intervaller sker avkänningen av den analoga signalen. Avståndet mellan intervallerna kallas sampelavstånd. (Engelska ordet sample betyder urval eller stickprov.) För att få en god linjaritet i A/D-omvandlingen, bör sampeln tas så ofta att den inkommande signalen inte hinner ändra sig mer än $\pm 1/2$ bit.

För en 8-bitars A/D-omvandlare betyder detta att samplingsfrekvensen måste vara 1600 ggr högre än den högsta mätfrekvensen. Så hög samplingsfrekvens förekommer endast i exklusiva mätsystem.

Låt oss bygga ett digitalinstrument med 3 siffrors display. Vi använder CA3162E som A/D-omvandlare och CA3161E som displaydriver. Vi önskar mäta ström, spänning och resistans i intervallet 0-1, 0-10, 0-100 och 0-1000.

Omkopplarens tre lägen ger:

- Långsam sampel - 4 Hz
- Avbruten sampel - Frusen display
- Snabb sampel - 96 Hz.

Mätspänningen omvandlas till en proportionell ström i V/I-omvandlaren. Denna ström laddar sedan integreringskondensator "C" (0,22 uF) mellan 12 och +U. Laddningen sker under en tidsintervall av 1,271 ms, varefter kondensatorn bryts bort från ingången. Den inbyggda omkopplaren kopplar sedan över "C" till konstantströmgeneratorn som då laddar om kondensatorn till dess ursprungsladdning. Den tid det tar att ladda om kondensator är exakt proportionell med den anslutna spänningens storlek. Under omladdningstiden kopplas den interna klockoscillatorn på 786 kHz till räkneenheten. Antalet pulser som hinner kopplas till räknaren under omladdningstiden blir då proportionell mot den anslutna spänningen. Då räknaren går till max 999 är det högsta antalet pulser som når räknaren 999 st vilket motsvarar + 999 mV på stift 11. Är spänningen högre indikeras överbelastningen med EEE. Är spänningen mindre än - 99 mV visas - - - på displayen

fig 3

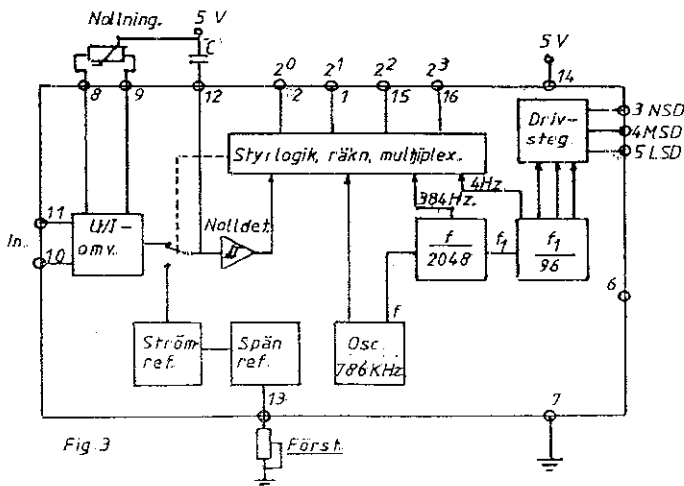


Fig 3

I blockschemat fig 3 framgår att klockfrekvensen delas med 2048 till 384 Hz vilket är lika med multiplexfrekvensen. Denna frekvens användes till att stroba multiplexern i kretsen. Multiplexern omvandlar klockpulserna till en 4-bitars parallelinformation i BCD-kod. Räknaresultat kopplas ut på stift 1, 2, 15 och 16. ($2^1, 2^0, 2^2$ och 2^3)

Med frekvensen 384 Hz kopplas dessa fyra BCD-utgångar så att de i tur och ordning representerar MSD, LSD och NSD

MSD = Most signifikant digit Mest betydelsefulla siffra.
 NSD = Next Näst "
 LSD = Least Minst "

Förutom 2048-räknaresultat finns en styrbar 96/4 - räknaresultat (stift 6) Se fig 2.

CA3162E kopplas till BCD-7-segmentomvandlaren CA3161E vars blockschema framgår av fig 4 nedan

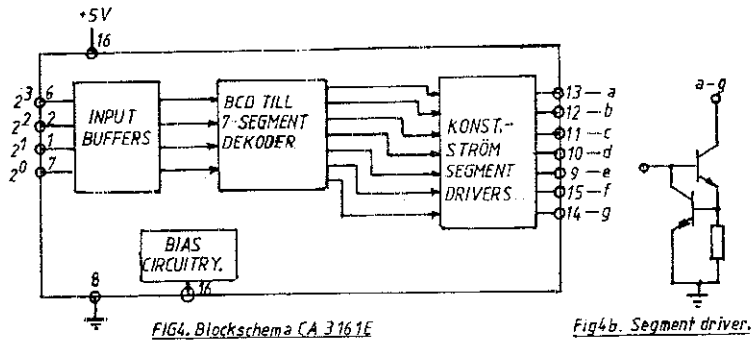


Fig 4

På varje utgång, a - g, ligger en konstantströmgenerator som segmentdriver (Fig 4b) och förser varje displayelement med 15 mA. Utgång för decimalpunkt saknas. Detta tänds genom att dess katod jordas via mätområdeskopplaren. (Se Fig 11)

Mätssystemet CA3162/3161 kan driva olika typer av displayer t ex LED (lysdiod) eller LCD (flytande kristall)

Fig 5 nedan visar det sammankopplade mätssystemet. Med frekvensen 96 Hz kopplar en i taget av transistorerna in en displayenhets gemensamma anod till plus. De diodelement i displayen som via CA3161E fått sina katoder jordade kommer att lysa ca 10 ms. Därefter kopplas nästa display in ca 10 ms osv. Man styr således tre siffror med en enda 7-segments drivkrets

Fig 5

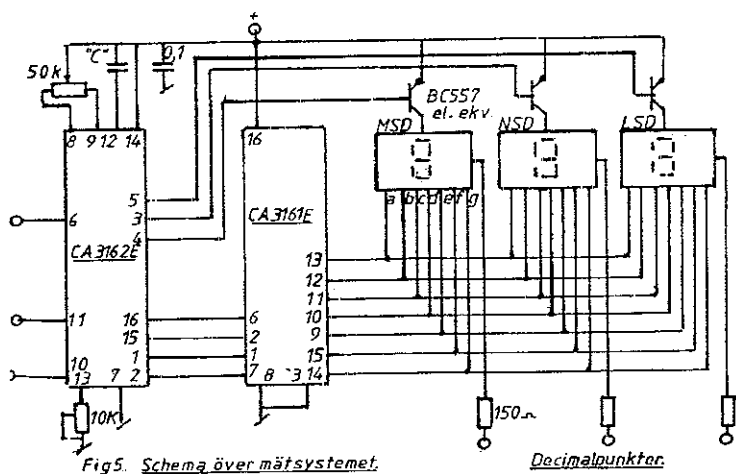


Fig 5. Schema över mätssystemet.

Decimalpunkt

SPÄNNINGSMÄTNING

Mätssystemet får inte anslutas till högre spänning än 999 mV. Antag att vi vill kunna mäta mellan

0-1-10-100-1000 volt. Vid likspänningsmätning får då mätssystemet utsendet enligt fig 6 nedan

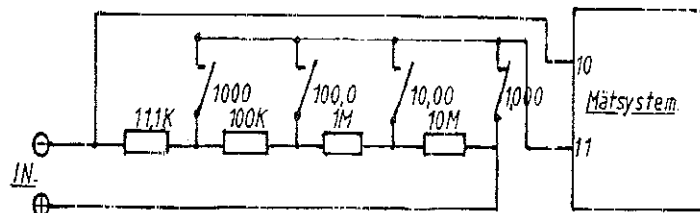


Fig 6. Likspänningsmätning.

LIKSTRÖMSMÄTNING

Vid likströmsmätning låter man den okända strömmen skapa ett spänningsfall över en resistor.

Vill man ha samma intervaller som vid spänningsmätningen men i mA kommer mätkretsen att se ut som i fig 7. R1 består av 1,8 ohm som är parallellkopplat med 2,2 ohm.

Fig 7

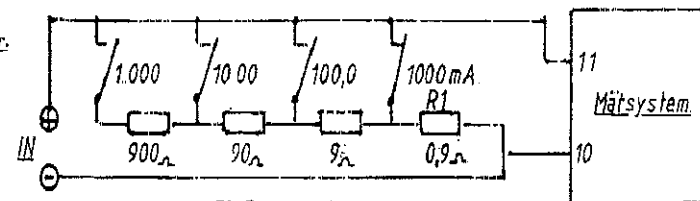


Fig 7. Likströmsmätning.

Använder vi 1% resistorer eller bättre blir felvisningen ca 1%. I verkligheten kan felet bli större vid strömmätning p.g.a. resistanser i ledningsnät och omkopplare, främst då vid högre mätområden.

Växelspänningsmätningar

Vid konstruktion av mätkretsen måste man ta hänsyn till att växelspänningens "topp till topp-värde" kommer att ligga över mätkretsen. Vid 1000 V AC kommer det att ligga 2828 volt över omkopplare och kontakter. Anslutningskontakter och omkopplare av god kvalitet klarar dock denna spänning. Om man i ingången lägger en spänningsdelare på 1:10 klarar vi av detta problem.

Fig 8 nedan visar växelspänningsmätkretsen med inlagd spänningsdelare 1:10 för mätning 1000 volt AC. R1 bör vara 10-20-varvig trimpot t ex. Elfa 64-743-24 med cermetbana. Med denna trimmas mätkretsen för att ge 0,999 V vid 1000 V AC. Likriktarens backspänning bestämmer mätområdets över gräns. 1N4007 har PIV=1000 V. "C" och C1 måste också klara PIV.

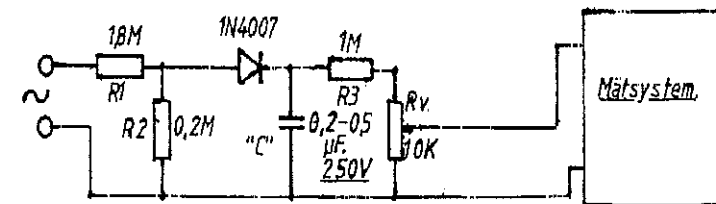
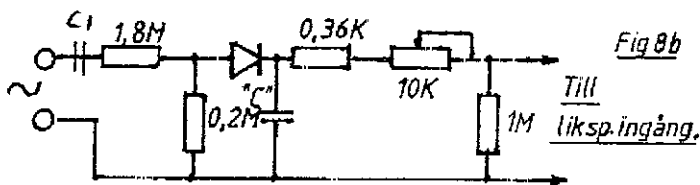


Fig 8. Växelspänningsmätning.



Genom att transistorns basström är noggrant fixerad av konstantströmgeneratorn och emitterresistansen är känd, kommer spänningsfallet över R_x att vara proportionell mot resistansen i R_x . Om högsta mätområdet skall vara 1 Mohm skall strömmen I_x vara $0,999/10^6 = 0,999 \mu A$. Den kompletta multimetern framgår av figur 11

Kopplingen i Fig 8 används om man endast vill ha ett AC-område 1-1000 V. Med R_x finjusteras instrumentet så att det visar rätt vid maxvärdet.

Önskar man ansluta växelspanningskretsen till likspänningsmätkretsen måste R_3 och R_4 anpassas för delning med 1,414 efter likriktare. Avläst värde multipliceras med 10

Fig 8b visar en koppling för anslutning till område-somkopplaren.

Växelströmsmätning.

Man kan koppla in likriktaren mellan shuntarna och mätsystemet. Se fig 9. Eftersom inimpedansen mellan 10 och 11 är 100 Mohm belastas inte likriktaren med annat än spänningsdelaren. Man får räkna med sämre noggrannhet vid låga värden till följd av olinjäritet i likriktarens nedre karaktäristik. Även här blir det mätta värdet 1,414 ggr för stort varför en spänningsdelare är inkopplad. Som likriktare bör en germaniumdiod användas, t ex 1N34A eller likvärdig.

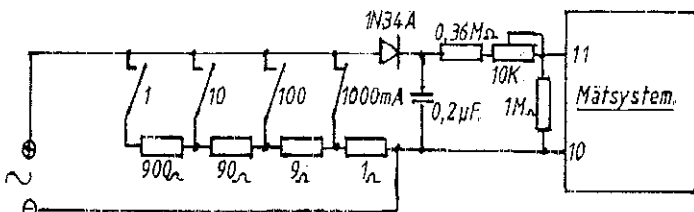


Fig.9 Växelströmsmätning

Resistansmätning.

Vid denna mätning måste mätsystemet förses med en likspänning i intervallet 0 - 999 mV

Spänningen skall vara proportionell mot den okända resistansen. För mätändamålet måste man ha en konstantströmgenerator som genererar en konstant ström genom mätkretsen. Se fig 10

Emittermotstånderna R_{v1} - R_{v4} bestämmer strömmen genom R_x

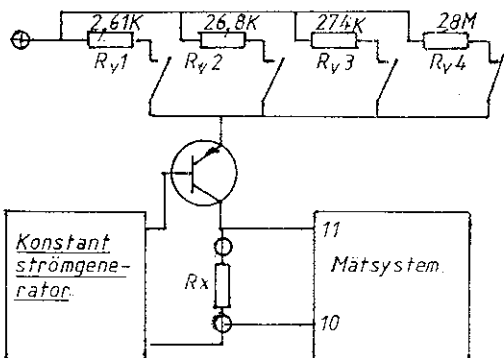


Fig.10 Resistansmätning.

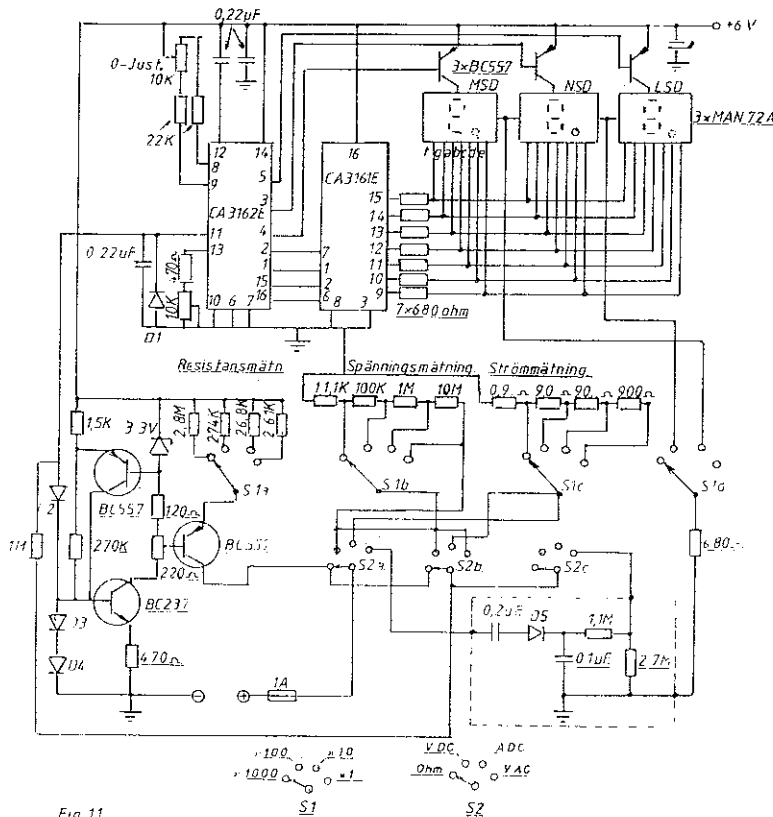


Fig 11.

Resistanserna i områdesomkopplaren

Ohmområdet:

2.8 M = 2.7 M 1% seriekopplat med 100 K 1%

26,8 K = 27,4K 1% // 1,2 M 1%.

2,6 K = 56 K 1% // 2,74 K 1%.

Strömmråde:

0,9 ohm = 1 8 ohm 1% // 2,2 ohm 1%.

Spänningsområde:

11 1 K = 10 K 1% i serie med 1,1 K 1%

Växelspänningslikriktaren (inom streckat område) Fig 11 är utformad för maximalt 200 V AC. För att mäta högre spänning måste en probe användas som delar den mätta spänningen med 10 innan den påföres instrumentet. D5 i figuren är 1N4007. 0,2 uF och 0,1 uF kondensatorerna skall ha en märkspänning på 250 V. 0,2 uF kondensatorn är ej nödvändig men den förhindrar att man mäter likspänning på AC-området med för låga mätresultat som följd.

Sammankoppling av instrumentet beror mycket på den instrumentlåda man använder och omkopplarnas utförande. Här finns plats för egna ideer och önskemål.

För enkelheten skall bör instrumentlådan göras så rymlig att 4 st IEC R14 1 5 V batterier med hållare får plats.

Kretskort (2 st) kan erhållas till självkostnadspris

Nästa avsnitt handlar om DMM med 3½ siffror display med ICL7106CPL. som har A/D-omvandlare och displaydriver i samma chips.