



Laboration 7: D/A- och A/D-omvandlare

1 Inledning

Laborationen ska bidra till en grundläggande förståelse för att:

- Koppla en krets enligt kopplingsschema
- Läsa datablad
- Öva upp en god arbetsmetodik avseende problemlösning och felsökning
- Arbeta med logiska, kombinatoriska och sekventiella kretsar
- Digital- till Analogomvandling (D/A)
- Analog- till Digitalomvandling (A/D)

1.1 Utrustning

- 1st laborationsplatta med kopplingsdäck och Arduino Leonardo
- 1st likspänningsaggregat (Powerbox 3000)
- 1st multimeter Fluke 45
- 1st oscilloskop
- laborationskablar
- krokodilklämmor
- kopplingstråd (entrådig)
- 2st räknare CD4029B
- 1st Schmitttrigger 74HC14
- 1st D/A-omvandlare TLC7524
- 1st lysdiod-array i DIL-kapsel
- 1st spänningsregulator LM317T
- 1st operationsförstärkare CA3240
- 1st latch 74HC574
- 1st SIL-kapsel $8 \times 220\Omega$
- 1st resistor $10\text{ k}\Omega$
- 1st kondensator $1\text{ }\mu\text{F}$
- 1st mikrobrytare



2 Beskrivning av laboration

I den här laborationen ska ni först bygga en D/A-omvandlare och sedan utöka kretsen till att bli en A/D-omvandlare.

Till skillnad från tidigare laborationer (laboration 4-6) ska denna krets inte återanvändas i kommande laborationer. Med andra ord går det bra att demontera kretsen efter laborationens slut.

2.1 Kretsens funktion

Räknarna räknar kontinuerligt från 0 till 255. Motståndsnätet i D/A-omvandlaren omvandlar den digitala siffran (som kommer in på DB0-DB7) till en analog spänning som är en bråkdel av referensspänningen (som genereras från LM317 och är vald så att den digitala siffran direkt motsvarar spänningen). Den resulterande utspänningen (som är en sågtandsformad spänning) jämförs med den analoga inspänningen (VIN). Då de två spänningarna är lika kommer komparatorn att skifta utsignal, vilket leder till att den digitala siffran låses av latchen (74HC574). Denna är i sin tur kopplad till en lysdiod-array, som visar den låsta, digitala signalen. Låsningen sker varje gång den räknade signalen "passerar" den sökta insignalen.

2.2 Uppkoppling av krets

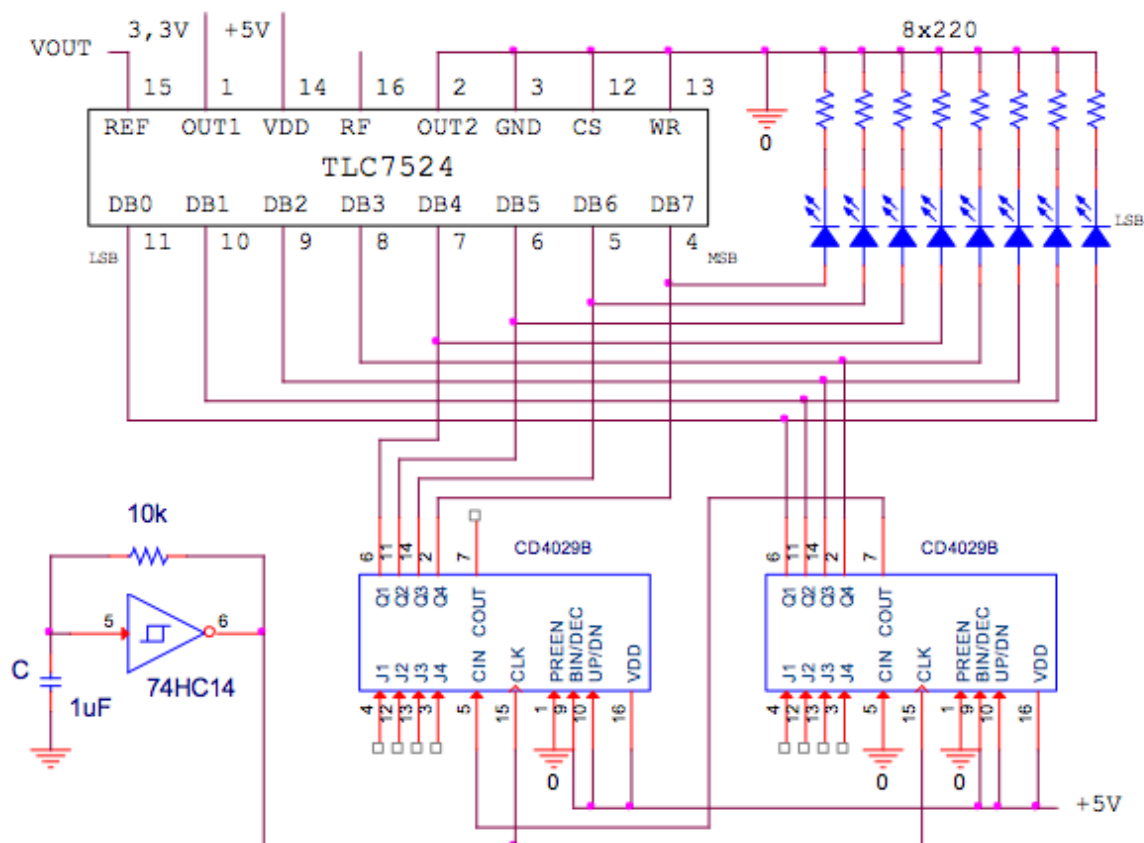
När laborationen är slut ska ni ha kopplat en krets enligt Figur 2-1 (på nästa sida). Ta en ordentlig titt på kretsschemat, skaffa er en förståelse för hur allt fungerar. Flertalet anslutningar är givna, men ni blir tvungna att kolla upp en del i datablad. Databladet är även till god hjälp för att förstå hur kretsarna fungerar, vilket framför allt är viktigt om ni behöver felsöka er krets. Gör anteckningar, gärna med skisser på komponenter och kretsar, tills ni får en god överblick.

3 Delsystem 1: Räknare och lysdioder

3.1 Beskrivning av komponenter

Räknarna (2 x CA4029) bildar en 8-bitars räknare, som räknar 0-255 och sedan börjar om på 0. Två räknare kaskadkopplas genom att utgången COUT på räknaren med de 4 minst signifikanta bitarna, till höger i schemat nedan (Figur 3-1), kopplas till CIN på den andra räknaren. CIN på den högra räknaren kopplas till jord.

Ingångarna UP/DN på räknarna kopplas till +5 V. Då räknar räknaren upp. Ingångarna BIN/DEC är också kopplade till +5 V. Vi vill inte ha en dekadräknare (DEC) utan en binärräknare (BIN). Ingångarna PREEN kopplas till jord.



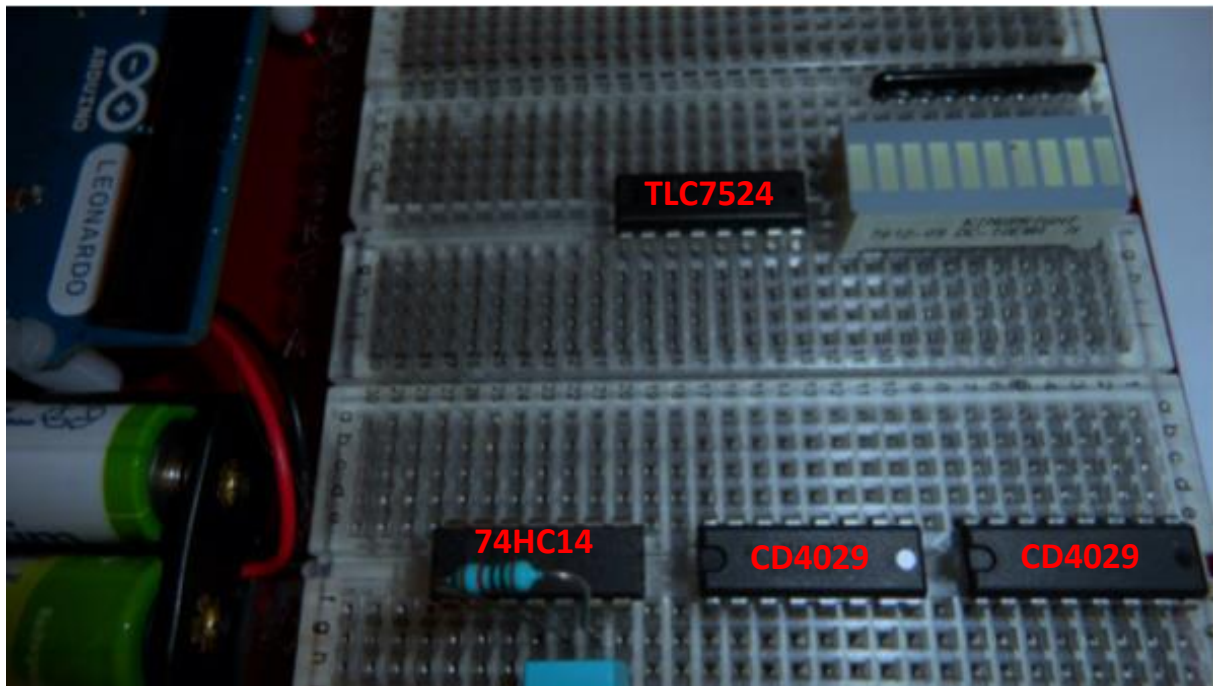
Figur 3-1: Grundkoppling delsystem 1 och 2

3.2 Inkoppling av komponenter

Börja med att endast koppla in räknarna enligt instruktionerna ovan. Anslut därefter utgångarna från dessa till kapseln med lysdioderna, som kopplas i serie med resistorkapseln. I Figur 3-2 kan ni se ett förslag på hur komponenterna kan placeras.

För att testa att räknarna fungerar ska ni koppla in en mikrobrytare (med pullup-motstånd) som ersättning för oscillatoren.

OBS! Glöm inte ansluta räknarna till jord (pinne 8). Man brukar inte ha med denna anslutning i kopplingsscheman.



Figur 3-2: Förslag på komponentplacering.

3.3 Test av delsystem

Uppgift 3.3.1 (redovisas i rapport)

Stega igenom alla 256 stegen med tryckknappen för att förvissa er om att ni vet hur räknarna fungerar. Vad skall visas på lysdioderna? Beskriv hur kretsen fungerar med egna ord. Varför behöver exempelvis pinne 5 (PREEN) vara ansluten till jord? Vad gör pinnarna 4, 12, 13, 3? Vad är COUT? Vad är skillnaden mellan en dekadräknare och binärräknare?

4 Delsystem 2: Oscillator, räknare, motståndsnät och lysdioder

4.1 Beskrivning av komponenter

Oscillatorkretsen genererar klockpulser till räknaren. Räknaren räknar från 0 till 255 (256 steg) innan den börjar om på 0. På utgången av TLC7524 (pinne 15) kommer det att genereras en analog spänning som är proportionerlig mot den digitala siffra som finns på ingångarna DB0 – DB7. Amplituden på den analoga utspänningen är beroende av referensspänningen (3.3 V på pinne 1).

4.2 Inkoppling av komponenter

Börja med att koppla upp oscillatoren och verifiera att denna fungerar. Genom att använda en kapacitans på 1 μF och en resistans på 10 $k\Omega$ får oscillatoren en frekvens på ca 100 Hz. Det tar då ungefär 2,5 sekunder för räknarna att passera 256 steg.

Koppla sedan in oscillatoren till räknarna (ta bort mikrobrytaren) och koppla in D/A-omvandlaren.

Observera att 3.3 V från Arduino-kortet är vald som referensspänning (i detta moment) och kopplas till pinne 1 på TLC7524. Matningen på 5 V används till mycket och är därför inte så stabil. I nästa steg skall vi däremot skapa en egen referensspänning.

4.3 Test av delsystem

Uppgift 4.3.1

Använd ett oscilloskop och verifiera att oscillatoren svänger på rätt frekvens.

Uppgift 4.3.2 (redovisas i rapport)

Koppla upp oscilloskopet på pinne 15 på TLC7524 (Ref). Ser signalen korrekt ut? Öka förstärkningen i Y-led och justera tidbasen, så att de diskreta stegen i kurvan syns. Fotografera kurvan (eller rita av den).

Uppgift 4.3.3 (redovisas i rapport)

Stanna räknarna genom att dra ut kondensatorn. Försök stanna den när lysdioderna visar ett stort digitalt värde. Vilket digitalt tal har räknaren stannat på?

Räkna ut hur stor den analoga utspänningen bör bli (baserat på den digitala siffran som visas på lysdioderna) om referensspänningen är 3,3 V? Mät spänningen. Stämmer det?

Sätt tillbaka kondensatorn innan ni fortsätter med nästa moment.

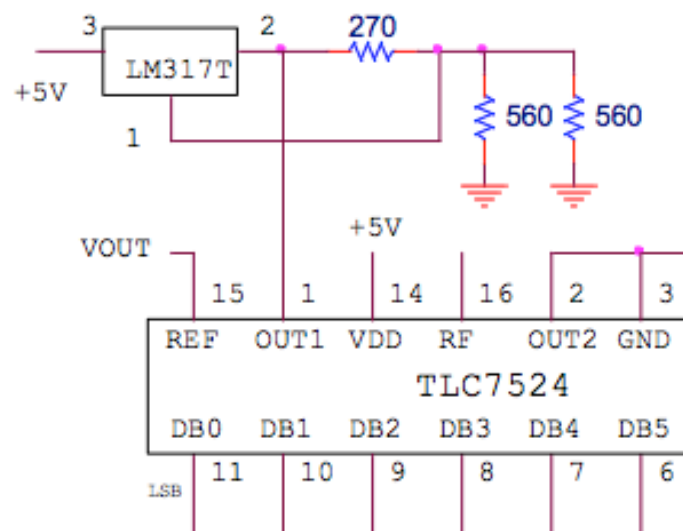
5 Delsystem 3: Referensspänning

5.1 Beskrivning av komponenter

Spänningsregulatorn (LM317T) kan konfigureras till att generera spänningar mellan 1.25 V och cirka 40 V. Önskad spänning uppnås genom att välja lämpliga motstånd (se databladet för formel och koppling). I vårt fall skall vi välja värden så att utspänningen blir 2.56 V.

5.2 Inkoppling av komponenter

Koppla bort spänningen (3.3 V) och koppla istället upp en krets enligt Figur 5-1.



Figur 5-1: Krets för referensspänning.

5.3 Test av delsystem

Uppgift 5.3.1 (redovisas i rapport)

Beskriv hur referensspänningen skapas av de olika motstånden i kretsen.

Uppgift 5.3.2 (redovisas i rapport)

Mät den skapade referensspänningen från kretsen ("OUT1"). Stämmer värdet med teorin?

Uppgift 5.3.3 (redovisas i rapport)

Gör om Uppgift 4.3.3 med aktuell referensspänning. Vad kan man säga om sambandet mellan den digitala siffran och den uppmätta spänningen nu?

6 Delsystem 3: Komplet A/D-omvandlare med minne

6.1 Beskrivning av komponenter

Nu ska ni koppla in resterande komponenter för att få en krets enligt Figur 2-1. Latchen ("minnet") 74HC574, gör att vi kan spara och visa den digitala siffran som motsvarar den analoga insignalen. Komparatorn (operationsförstärkaren CA3240) används för att låsa den digitala siffran i "minnet" då den analoga siffran (som gjorts om till analog av motståndsnätet) och insignalen är lika.

6.2 Inkoppling av komponenter

Koppla bort lysdioderna och koppla in latchen (74HC574 – 8 D-vippor i en kapsel) mellan lysdioderna och räknarna.

Inkopplingen blir mycket enkel då in- och utgångar sitter mittemot varandra i kapseln 74HC574. Lyft av motståndskapseln ($8 \times 220\Omega$) och lysdiodskapseln från kopplingsdäcket. Sätt in kapseln 74HC574 där lysdiodskapseln satt så att jordanslutningen (pinne 10) sitter i yttersta hålet till höger. Placera lysdiodskapseln och motståndskapseln i raden bortanför där motståndskapseln sitter nu (enligt Figur 3-2). Detta kräver ett minimalt antal ändringar av kablarnas positioner.

Koppla sedan in komparatorn.

6.3 Test av delsystem

Uppgift 6.3.1

Ersätt komparatorns utsignal med mikrobrytaren. Verifiera att en digital signal kan "läsas" genom att trycka på knappen.

Uppgift 6.3.2

Verifiera att hela kretsen fungerar genom att ansluta insignalen till ett likspänningsaggregat och variera insignalen mellan 0 – 2.55 V.

Uppgift 6.3.3 (redovisas i rapport)

Beskriv er metod för att kontrollera att den fullständiga kretsen fungerar. Redovisa också alla tester (med resultat). Om ni har genomfört tidigare moment grundligt så kommer antagligen denna uppgift att klaras av ganska snabbt.

Uppgift 6.3.4 (redovisas i rapport)

Redogör för era erfarenheter från denna laboration. Vad har ni lärt er? Gick allting bra eller stötte ni på problem? Om allting gick bra, vad var i så fall anledningen? Om ni stötte på problem, hur löste ni i så fall dem?



Fördjupande uppgifter (görs om tid finns)

7 A/D-omvandlaren som digital voltmeter

7.1 Beskrivning av komponenter

Det kompletta systemet kan betraktas som en digital voltmeter, som klarar att mäta $0 - 2.55\text{ V}$. Genom att lägga till några motstånd kan den byggas ut till att klara ett större spänningsomfång.

7.2 Inkoppling av komponenter

Rita ett schema för hur man skall koppla för att klara att mäta exempelvis $0 - 20\text{ V}$ eller $0 - 40\text{ V}$. Koppla sedan denna krets.

7.3 Test av delsystem

Uppgift 7.3.1

Mät spänningar upp till 20 V (om detta stämmer med ert val) med er modifierade voltmeterkrets. Stämmer det? Kontrollera genom att mäta (använd Fluke 45). Mät ett antal olika spänningar och gör en tabell. Ta med en kolumn för "mätfelet".

Uppgift 7.3.2

Räkna ut upplösningen som blir resultatet då 8 bitar används vid omvandlingen. Lägg till en kolumn i tabellen i Uppgift 7.3.1 där det teoretiska "felet" redovisas. Stämmer det med det uppmätta felet?

Uppgift 7.3.3

Byt oscillatorketsens resistor till $1\text{ k}\Omega$ och sedan allt mindre resistorvärden för att få en snabbare omvandling (ni kan behöva byta kondensatorn till ett mindre värde om oscillatoren slutar svänga). Hur fort kan det gå?