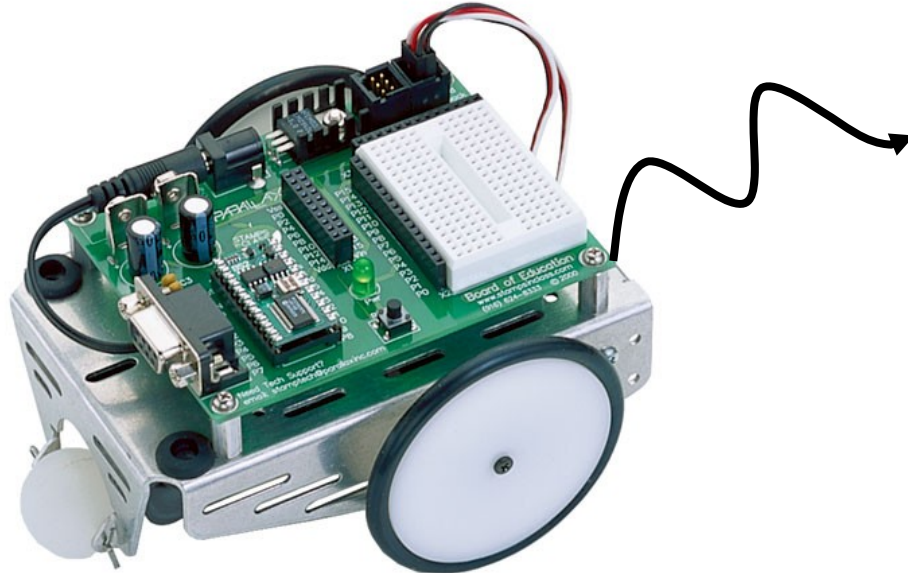
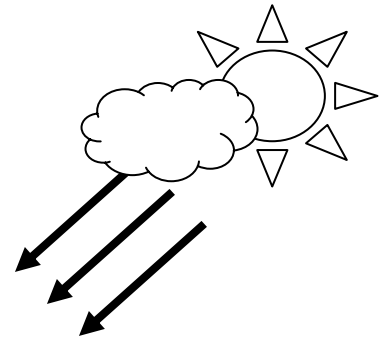


Laboration 6 A/D- och D/A-omvandling

Elektronik för D
ETIA01



Peter Hammarberg
Anders J Johansson
Lund April 2008

Mål

Efter laborationen skall du ha studerat följande:

- hur en kontinuerlig, analog signal kan representeras med hjälp av en digital bitström.
- hur val av bitantal påverkar kvantiseringsnivåerna.
- betydelsen av rätt val av omvandlingsområde vid AD-omvandling.
- hur man kan göra en enkel D/A-omvandlare
- varför utsignalen från (enkel) en D/A omvandlare bör lågpasfiltreras

Introduktion

I denna laboration kommer ni titta närmare på hur analog- till digitalomvandling (A/D) samt digital till analogomvandling (D/A) går till.

Till er hjälp har ni en 8-bitars seriell A/D-omvandlare, TLC549I, från Texas Instrument. Omvandlaren har en intern klocka på 4-MHz och kan genomföra en omvandling på 17us. Den har även en extern klockingång vilket gör det möjligt att externt styra hur fort det omvandlade värdet ska klockas ut. Arbetsområdet bestäms m.h.a. referensspänningar som kopplas till två av benen (REF+/REF-). För fler detaljer samt pin-konfiguration se datablad.

Förberedelseuppgifter

1: Literaturstudier

Läs kapitel 7.2 och 9.3 i kursboken (Hambley) samt föreläsninganteckningar (PowerPoint-slides).

2: Räkneuppgifter

- a. Den A/D-omvandlare som vi använder i laborationen har en upplösning på 8 bitar. Om vi antar att det dynamiska omvandlingsområdet väljs mellan 0-5V, vilken är den minsta spänningsförändring som vi kan vi detektera?
- b. Om vi nu vill kunna detektera en spänningsförändring på 10mV, hur många bitars upplösning bör vår A/D-omvandlare ha?
- c. Antag nu att vi enbart har tillgång till en 8 bitars A/D-omvandlare, men fortfarande vill kunna detektera en spänningsförändring på 10mV. Hur stort kan det dynamiska område då vara?

3: Förberedande skiss av labbuppkoppling

För att laborationen ska flyta så smidigt som möjligt ska ni i denna förberedelseuppgift skissa hur ledningarna ska kopplas för A/D omvandlaren i uppgift 1.

Som stöd finns i Appendix A en bild på BoeBot:ens kopplingsplatta.

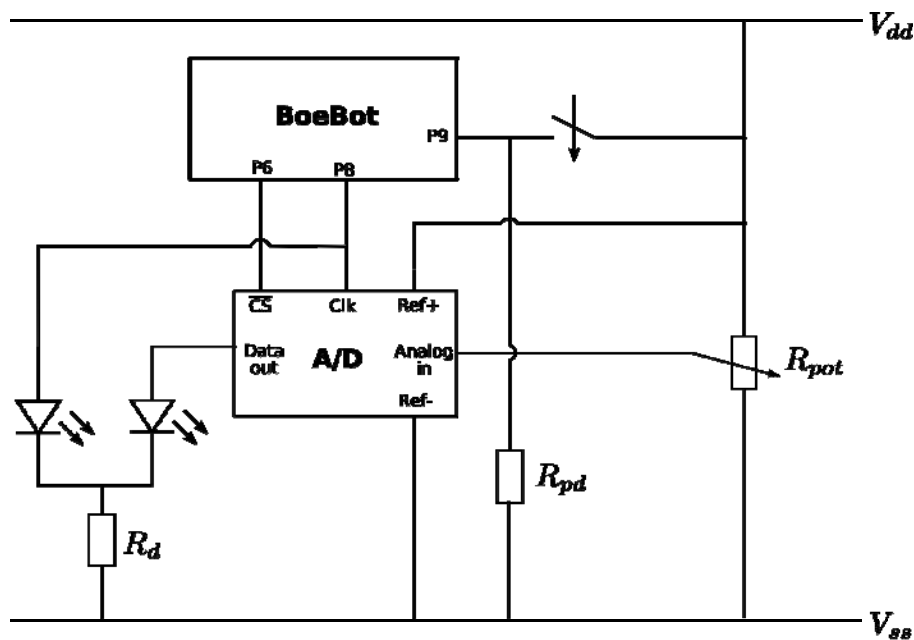
För in potentiometern och övriga komponenter i bilden/skissen och rita in de ledare som ska dras. Det kan vara en fördel att använda olika färger på ledarna, precis som i labbet. Notera att $V_{ss}=0V$ och $V_{dd}=5V$.

Uppgifter

Uppgift 1: 8-bitars seriell A/D-omvandling

I den första deluppgiften ska ni undersöka hur ett analogt spänningsvärde kan representeras av en seriell datasekvens på 8 bitar. Som nämnts i inledningen har ni tillgång till en 8-bitars A/D-omvandlare.

Ett schema över hur A/D-omvandlaren ska kopplas visas i figur 1 och i tabell 1 listas BoeBot:ens in- och utgångar. Som signalkälla ska ni använda en potentiometer kopplad mellan V_{ss} och V_{dd} så att ni lätt kan variera spänningen på ingången till A/D-omvandlaren. Referensspänningarna väljs, precis som för matningsspänningarna, till V_{dd} samt V_{ss} .



Figur 1: Schema för uppkopplingen i uppgift 1.

Tabell 1: BoeBot:ens ut-/ingångar:

P0-P3	Utgångar för parallell data (P0=LSB, P3=MSB)
P5	Ljudutgång
P6	Utgång för omstart av A/D-omvandlare
P7	Ingång för seriell data från A/D-omvandlare
P8	Klockutgång
P9	Manuell klockingång från switch

Den seriella sekvensen klockas ut bit för bit m.h.a. en switch. För att komma runt problem med kontaktstuds¹ kopplas utsignalen från switchen till en av ingångarna på BoeBot:en.

Kontaktstudsens avlägsnas sedan m.h.a. mjukvara (Se Appendix A för programkod) och en ren puls skickas ut på en av utgångarna som sedan kan kopplas till A/D-omv. klockingång.

Den programkod som används finns lagrad i minnet på BoeBot:ens mikroprocessor och väljs genom att reset-knappen trycks ner en gång för uppg. 1, två ggr för uppg. 2 o.s.v. En ljudsignal, skickad till P5, bekräftar vilket val som gjorts.

När program 1 startas visas den mest signifikanta biten (MSB) direkt på utgången. Genom att trycka på switchen kan sedan en bit i taget klockas ut. När alla åtta bitar har klockats ut ljuder en signal varpå MSB:n för nästa omvandling hamnar på utgången. Genom att koppla en lysdiod till utgången på A/D-omvandlaren kan värdet lätt avläsas. Det kan även vara bra att ha ytterligare en lysdiod som visar klockpulsen från BoeBot:en till A/D-omv. På så vis är man säker på att ett nytt värde lästs ut. Notera att man kan låta de två lysdioderna dela på ett strömbegränsningsmotstånd för att spara plats men att detta leder till en minskad ström och därmed minskad ljusintensitet. Visa detta med Ohms lag.

Använd följande komponentvärden:

$$R_d = 1k\Omega$$

$$R_{pd} = 10k\Omega$$

$$R_{pot} = 10k\Omega$$

Uppgift 1.1

Välj ut fem olika spänningsnivåer, spridda över hela arbetsområdet, som ni vill omvandla. Räkna ut den förväntade bitsekvensen för var och ett av dessa värden.

Ställ sedan in dessa olika nivåer på A/D:ns ingång m.h.a. potentiometern och klocka ut resp. bitsekvens. (Observera att senast omvandlade värde ligger kvar i A/D:ns minne och behöver klockas ut innan nästa, nya, värde visas.)

Stämmer det beräknade värdet med det uppmätta?

Uppgift 1.2

Koppla nu utgången från switchen direkt till A/D:ns klockingång och prova att klocka fram en bitsekvens. Vad händer och varför?

¹ Kontaktstuds uppstår p.g.a. att membranet i switchen studsar mot kontaktytan vilket leder till att ett tryck på knappen ger upphov till ett antal kortare pulser.

Uppgift 2: 4-bitars parallell A/D-omvandling

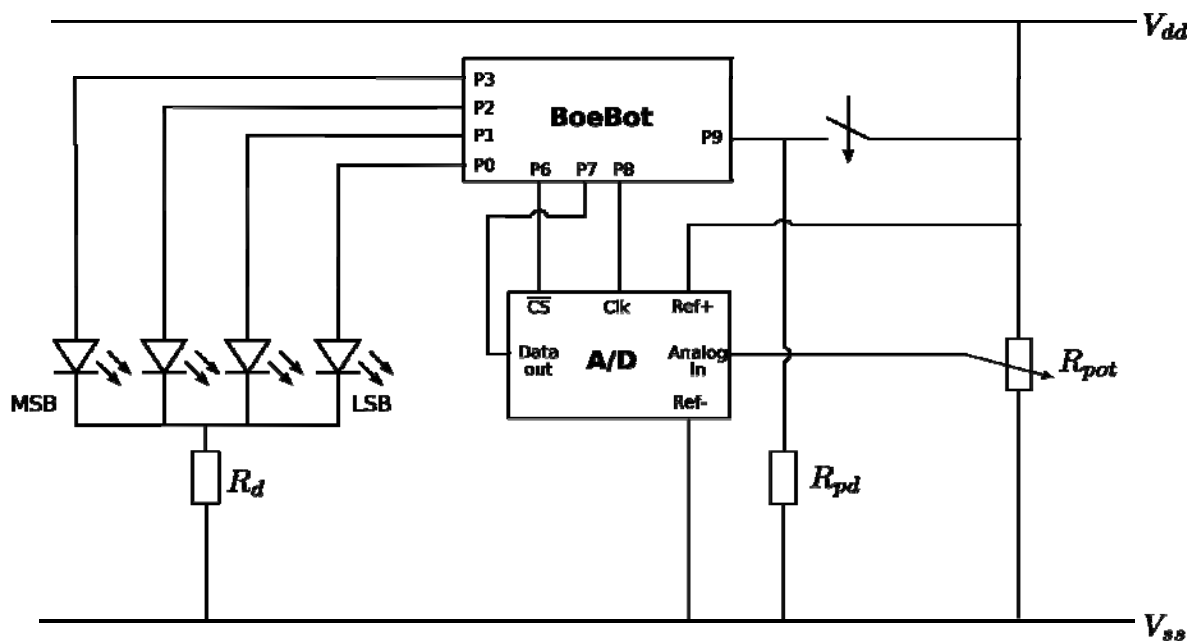
Ni ska nu titta närmare på hur den binära sekvensen i uppg. 1 kan representeras m.h.a en parallell bitström. I detta fall kommer vi titta närmare på fallet när vi har fyra bitar tillgängliga på utgången av vårt system.

För att åstadkomma den önskade parallella sekvensen låter vi BoeBot:en klocka in de åtta bitarna till minnet och sedan placeras fyra av dessa på utgångarna P0-P3 (där P3 är MSB). BoeBot:en gör m.a.o. en seriell- till parallellomvandling (S/P-omv.) av bitsekvensen från A/D- omvandlaren.

Denna process upprepas varje gång switchen trycks ned.

Tryck två ggr på reset-knappen för att starta programmet som gör S/P-omvandlingen.

I figur 2 visas kopplingsschemat, där vi återigen låter lysdioderna dela på ett strömbegränsningsmotstånd för att spara plats. Notera att ni kan lämna kvar uppkopplingen från föregående uppgift tillsammans med den nya. På så vis kan ni lätt jämföra de två resultaten.



Figur 2: Schema för uppgift 2. Fyra bitars parallell A/D-omvandling

Uppgift 2.1

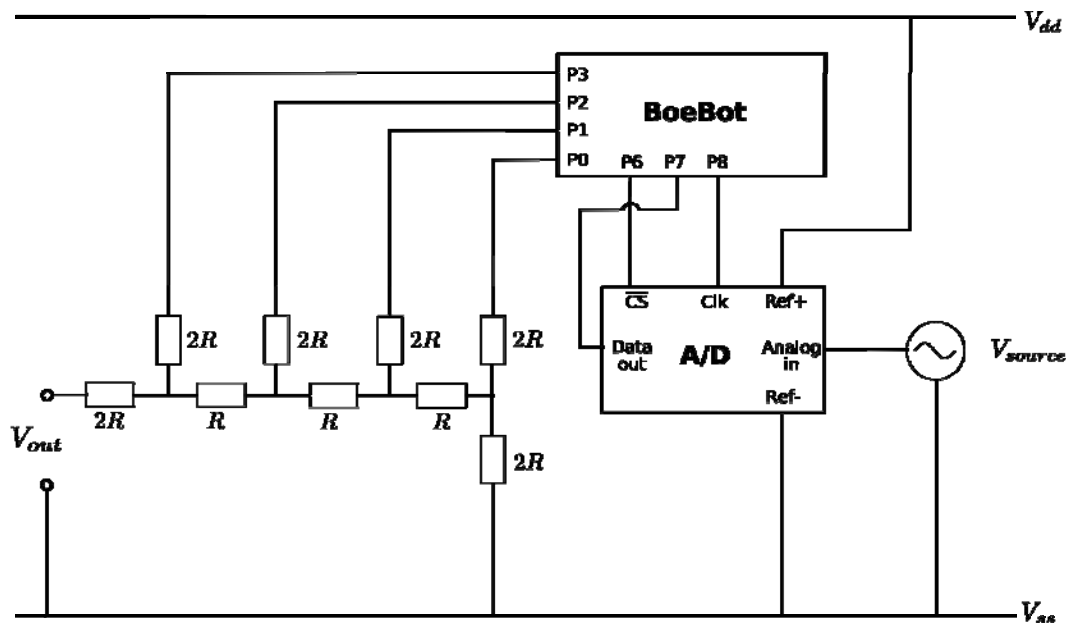
Ta reda på vilka fyra bitar som är placerade på utgångarna P0-P3.

Uppgift 3: 4-bitars D/A-omvandling

I denna uppgift ska ni studera en enkel D/A-omvandlare i form av en R-2R-stege. I figur 3 visas kopplingsschemat för A/D samt för D/A-omvandlaren. R-2R-stegen kopplas med fördel upp på en separat kopplingsbräda. Välj $R=10\text{k}\Omega$.

När program 3 startas styr BoeBot:en A/D-omvandlaren så att insignalen samplas kontinuerligt och de fyra mest signifikanta bitarna placeras på utgångarna P0-P3. Dessa kopplas sedan till de olika ingångarna på D/A-omvandlaren varpå den omvandlade spänningen V_{out} kan mätas.

Insignalen till A/D-omvandlaren skall vara en växelspänning som hämtas från en signalgenerator. Amplituden ställs in så att hela arbetsområdet utnyttjas, vilket innebär att en DC-offset behövs för att signalen under hela perioden skall kunna omvandlas. Börja med att titta på en låg frekvens, 10 Hz.



Figur 3: Schema för uppgift 3.

Uppgift 3.1

Titta på utsignalen V_{out} med hjälp av ett oscilloskop och jämför den med insignalen till systemet. Beskriv vad du ser.

Vilken samplingsfrekvens har vi?

Uppgift 3.2

Kom på ett sätt att göra utsignalen ”mjukare”. (Ledtråd: Tänk filter!)

Uppgift 3.3

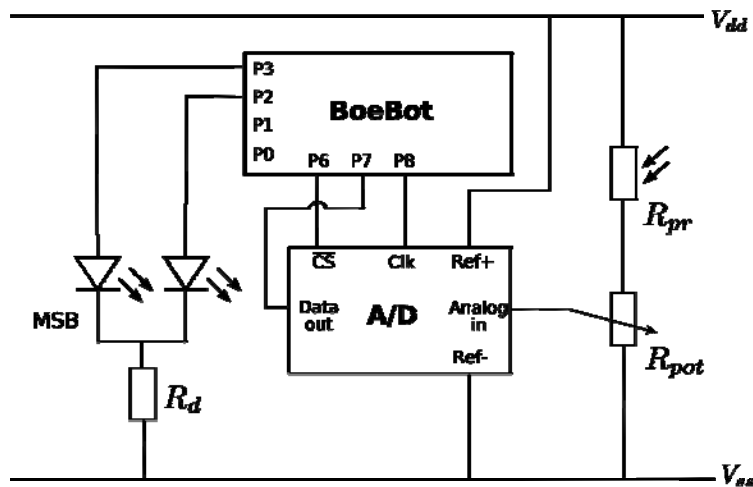
Ändra frekvensen på insignalen till att vara strax under halva samplingsfrekvensen. Ni bör nu se två signaler med samma frekvens. Öka nu långsamt frekvensen till dubbla samplingsfrekvensen. Jämför in och utsignalen under tiden. Vad händer och varför?

Uppgift 4: Ett 2-bitars optiskt styrsystem

I den sista uppgiften ska ni koppla upp ett primitivt digitalt styrsystem till BoeBot:en. Systemet använder sig av en fotoresistor² för att känna av ljusintensiteten och beroende på denna utförs olika manövrar. Genom att skugga BoeBot:en mer eller mindre kan man alltså styra dess väg.

I figur 4 visas kopplingsschemat för systemet.

På ingången till A/D-omvandlaren kopplas en fotoresistor i serie med en potentiometer, som används för att kalibrera spänningen på ingången. Spänningen på ingången kommer därför att variera beroende på fotoresistorns resistans p.g.a. spänningsdelning.



Figur 4: Schema för uppgift 4.

Signalen på ingången samplas och den binära sekvensen läses av av BoeBot:en. De två mest signifikanta av de åtta bitarna bestämmer sedan vilken manöver som skall utföras. Värdet på de två bitarna visas på utgångarna P3 (MSB) och P2 och i tabell 2 kan ni se vilken manöver som utförs beroende på dess värden.

(Notera att de fyra mest signifikanta bitarna visas på P3-P0 men att endast två används för styrning. De övriga två bitarna kan vara användbara vid kalibreringen.)

Tabell 2:

P3	P2	Manöver
1	1	Kör rakt fram
1	0	Sväng höger
0	1	Sväng vänster
0	0	Stanna

² En fotoresistor är en komponent som har som egenskap att dess resistans beror på infallande ljus. Vid stark belysning är resistansen låg och i mörker hög.

Uppgift 3.1

Innan styrsystemen kan testas måste de kalibreras m.h.a. potentiometern. Ställ in potentiometers värde så att både P3 och P2 är höga vid normal belysning. Testa sedan att ni kan nå de andra nivåerna i tabell 2 genom att skugga fotoresistorn. Notera att nivån [0 0] kan vara svår att komma ner till och kan därför ses som ett undantag.

Ni kan nu prova att styra BoeBot:en. Lycka till!

Appendix A

Kopplingsplattan på BoeBot:en med swith, A/D-omvandlare, potentiometer samt högtalare.

