

5:2 Digitalteknik

Boolesk algebra. Inledning

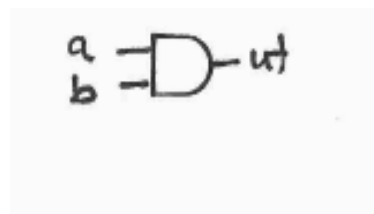
I en dator representeras det binära talsystemet med signaler i form av elektriska spänningar. 0 = 0 V (låg spänning), 1 = 5 V (hög spänning). Datorn kombinerar dessa signaler för att nå önskat resultat. Det logiska system som datorn använder bygger på Boolesk algebra, och signalerna kombineras i s.k. grindar. Till dessa ansluts signalerna, och utsignalen följer den Booleska algebrans regler.

Det finns tre grundfunktioner: OCH, ELLER och INVERTERING. Vi skall undersöka dessa i följande stycken. För att få en översikt av in- och utsignaler skriver vi in dem i en sanningstabell.

OCH-funktionen

OCH-funktionen kombinerar två eller fler insignaler till en utsignal så att utsignalen är hög (=1) om alla insignaler är höga (=1). Sanningstabellen för två insignaler, som vi kallar a och b, ser ut som följer. Utsignalen kallar vi för c.

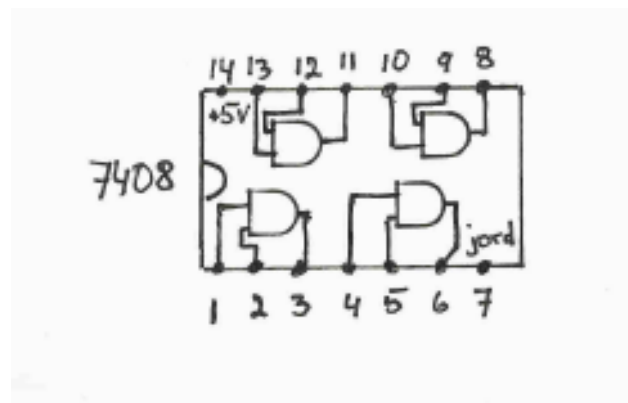
Insignaler		utsignal
a	b	c = a OCH b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Man tecknar den logiska funktionen med ett ”gångertecken” som betyder den logiska OCH-funktionen, dvs

$$C = a \bullet b$$

OCH-funktionen är lätt att begripa. Om man säger att du OCH jag skall gå på bio, så är påståendet sant om både du och jag går samtidigt. I alla andra fall är det falskt. OCH-grindar finns i den s.k. 74-seriens logik. Kretsarna är monterade i Dual In Line kapslar med standardiserad anslutning för spänningsmatning (+5 V) och jord (= 0 V). Om kretsarna har 14 pinnar, så är alltid pinne 14 den som skall anslutas till +5 V, och pinne 7 den som skall anslutas till 0 V (eller GND).



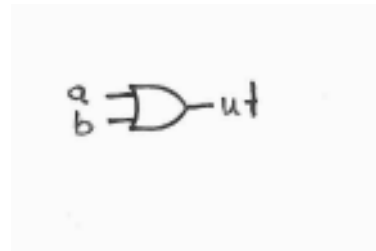
Här ser du hur kretsen 7408 är organiserad med ingångar och utgångar. Pinne 1 och 2 är ingångar, och pinne 3 är motsvarande utgång

Den krets som innehåller OCH-grindar heter 7408, och innehåller 4 st 2-ingångars OCH-grindar.

ELLER-funktionen

ELLER-funktionen kombinerar två eller fler insignaler till en utsignal, så att utsignalen är hög om en ELLER fler av insignalerna är höga.

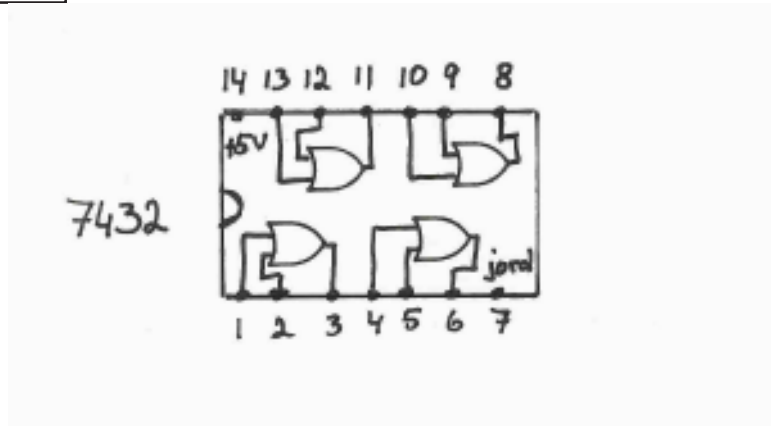
Insignaler		utsignal
a	b	c = a ELLER b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Även ELLER-funktionen är lätt att förstå: om du ELLER jag skall gå på bio, så är påståendet sant om du går, om jag går eller om både du och jag går.

ELLER-funktionen tecknas med ett 'plus-tecken', dvs $c = a + b$

Notera alltså att i dessa sammanhang är det inte ett vanligt plustecken som menas.



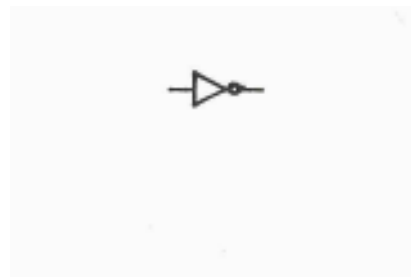
Den krets i 74-serien som innehåller 4 st ELLER-grindar med två ingångar heter 7432.

Så här är kretsen 7432 organiserad med ingångar och utgångar. Pinne 1 och 2 t.ex. är ingångar, och 3 är motsvarande utgång.

INVERTERAR-funktionen

Inverteraren har en ingång och en utgång. Utgången är den inverterade eller omvända signalen som påförts ingången. Sanningstabellen blir enkel:

Insignal	utsignal
a	c = "icke" a
0	1
1	0



En krets i 74-serien heter 7404 och den innehåller 6 st inverterare. Symbolen är en triangel, och att en signal inverteras visas ofta genom en ring, i detta fall på utgången. Ingångarna är till vänster, och utgångarna till höger om triangelsymbolen.

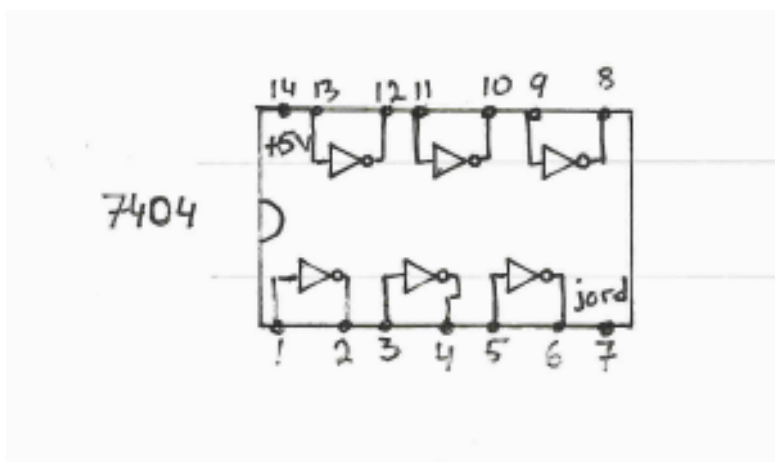
Genom att kombinera ihop binära signaler med hjälp av grundfunktionerna OCH, ELLER och INVERTERING så kan man bygga allt från ett enkelt system med en grind till ett mycket komplext system som en mikrodator.

I mikrodatorn sitter alla logiska funktioner samlade på ett chip. Detta av många skäl: det är många anslutningar och det måste gå fort.

Logikfamiljer

74-seriens kretsar var den första som släpptes ut på marknaden. De kom i början av 70-talet. Kretsarna var byggda med transistorer, och kallades för Transistor Transistor Logic eller TTL. De kännetecknades av att vara mycket robusta mot störningar, men de drog mycket ström. De var därför opraktiska i många utrustningar bl.a. om man skulle driva dem med batteri.

MOS kretsar (Metal Oxide Semiconductor) och CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor) är två logikfamiljer som kännetecknas bl.a. av att de har mycket låg strömförbrukning. Det är den dominerande tekniken att framställa halvledarkomponenter till datorer i dag. Litografin, det vill säga avståndet mellan två metalledare på kiselkivan är mindre än en um. Man får med andra ord plats med miljontals kretsar på en liten kiselbricka som används i en dator.



Bilden visar hur kretsen 7404 är organiserad med ingångar och utgångar. Pinne 1 är en ingång, och pinne 2 är motsvarande utgång.

Laboration på grindar

Nu skall vi gå från teori och se hur det fungerar i praktiken.

Du behöver följande:

1 kopplingsdäck med sladdar

1 4,5 V batteri

1 lysdiod

1 7404 hex (6 st) inverter

1 7408 quad (4 st) AND (OCH)

1 7432 quad (4 st) OR (ELLER)

Handhavande av 74-seriens logik

Som du märker är alla saker små. Det är därför viktigt att du är mycket försiktig när du arbetar med elektroniska komponenter. Att sätta en krets ur 74-serien på kopplingsdäcket är inte svårt. Sätt den så att den lilla utfasningen på kortsidan är åt vänster. Då får du automatiskt pinne 1 nere till vänster och pinne 14 uppe till vänster. Pinne 7 skall alltid anslutas till jord (=0V) och pinne 14 till +5V.

När du skall ta bort kretsen från kopplingsdäcket så gäller det att vara frösiktig. Annars kommer alla pinnarna att stå som en järdesgård, snett åt vänster eller höger. Tag en liten skruvmejsel, och lyft några millimeter från höger och därefter från vänster tills du fått upp kretsen.

För 74-seriens logik gäller att en ingång som ligger i luften (som ej är ansluten till jord eller +5V) så betraktar kretsen ingången som "hög" eller logisk 1.

Lysdioden som indikator

För att få en indikation på utgångens status (hög eller låg) så ansluter du en lysdiod mellan utgången och jord. Anslutningarna måste vändas rätt, dvs lysdiodens positiva del skall vara vänd mot kretsen, medan den negativa skall vara ansluten till jord.

Lysdioden lyser då när utgången är hög dvs "1".

Den positiva delen av lysdioden känns igen på att anslutningsbenet är lite längre. På den negativa delen finns det en liten avfasning i glaskroppen vid bengenomgången. Som tidigare påpektas: måtten är små, så det gäller att se upp.

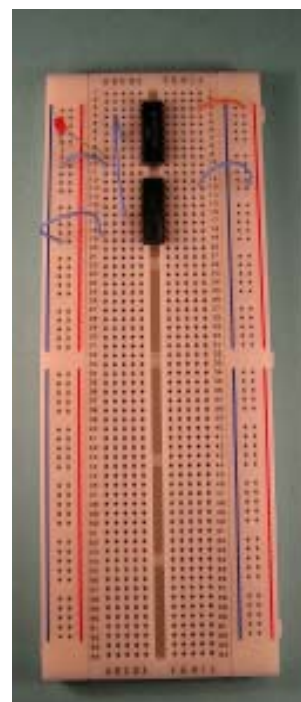
Kopplingsdäcket - basen för alla labbar i digitalteknik

För att få överskådlighet och åskådlighet på vad man gör behövs bra hjälpmedel. Det kopplingsdäck vi använder oss av är ett sådant hjälpmedel. Det innehåller ett stort antal hål, där man kan sticka ner komponentben. Hålen är sins emellan förbundna enligt ett speciellt mönster. Om man sätter en IC-krets i mitten, så har man 4 hål att stivcka in anslutningar i. För att distribuera +5V och = V finns röda och blå längsgående hålrader. Kopplar man en brygga i itten, så kan man få +5V (röd) respektive 0V (blå) att gå längs hela kopplingsdäcket.

Verifiera OCH-funktionen

Sätt en 7408 på plattan. Anslut pinne 14 till +5V och pinne 7 till GND (jord)

Verifiera sanningstabellen genom att fylla i utgångens tillstånd när du går igenom alla fyra kombinationer som de två ingångarna kan anta.



Verifiera ELLER-funktionen

Sätt en 7432 på plattan, och anslut pin 14 till +5V och 7 till jord. Anslut en lysdiod till en utgång på en av de 4 grindarna.

Verifiera sanningstabellen genom att fylla i utgångens tillstånd när du går igenom alla fyra kombinationer som de två ingångarna kan anta.

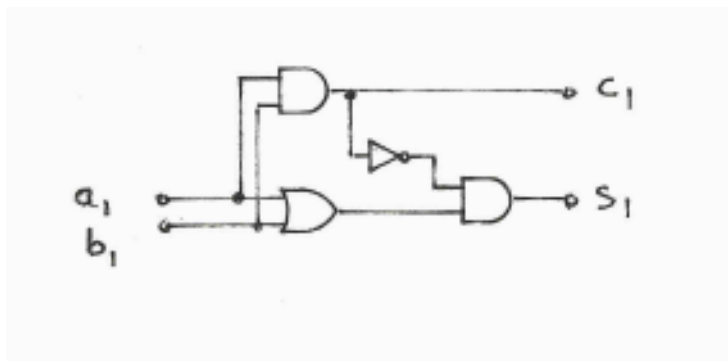
Verifiera Inverterar-funktionen.

Sätt en 7404 på plattan, och anslut +5V och jord. Anslut en lysdiod till en utgång, och verifiera inverterarens funktion genom att lägga ingången låg ("0") respektive hög ("1").

Binär addition - hur gör datorn ?

Nu börjar vi bli mogna för att dyka lite på djupet och se hur datorn utför addition av två tal. Det här är ju en viktig funktion för en dator. Vi har läst om det binära talsystemet liksom om grindar och inverterare. Låt oss få lite praktisk användning för våra surt förvärvade kunskaper !

En adderare för entalsiffran från två tal a och b (härav index "1") kan realiseras på följande sätt:



Bilden visar en adderar-koppling realiserad med två OCH-grindar, en ELLER-grind och en inverterare.

Kommer du ihåg de binära additionsreglerna ? Om inte: här är lite repetition

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

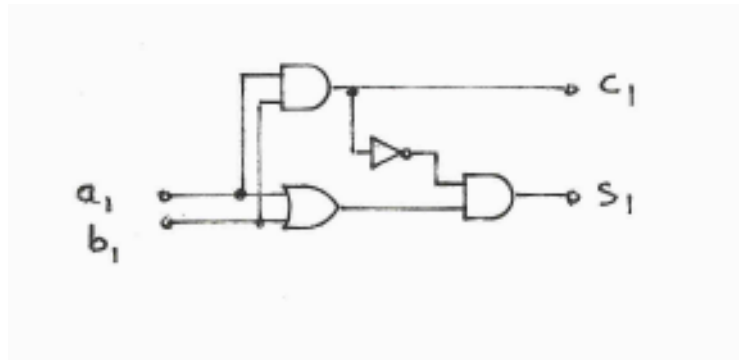
$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ samt } 1 \text{ ”i minne”}$$

I bilden ovan är s summa och c minnessiffran (c står för engelskans "carry"), och som skall föras upp till nästa position. Kontrollera att ovanstående koppling fungerar. Det som ställer till lite trassel är det faktum att $1 + 1$ skall bli 0 med 1 som minnessiffran. Härav inverteraren till den andra OCH-grinden.

Uppgift

Koppla upp adderaren på kopplingsdäcket. Se till att alla trådar kommer rätt, och att varje krets är ansluten till jord och +5 V. Anslut en lysdiod till s-utgången och ytterligare en till c-utgången.



Verifiera additionsreglerna genom att gå igenom alla kombinationer som se två insignalerna kan anta:

Anslut ingångarna a och b till jord (=talet 0) Vi har nu $0 + 0$. Resultat: S = C =

Anslut a till jord och låt b hänga i luften. Vi har nu $0 + 1$. Resultat: S = C =

Låt a hänga i luften (= talet 1) och anslut b till jord. Vi har nu $1 + 0$. S = C =

Låt slutligen både a och b hänga i luften. Vi har nu $1 + 1$. Resultat: S = C =

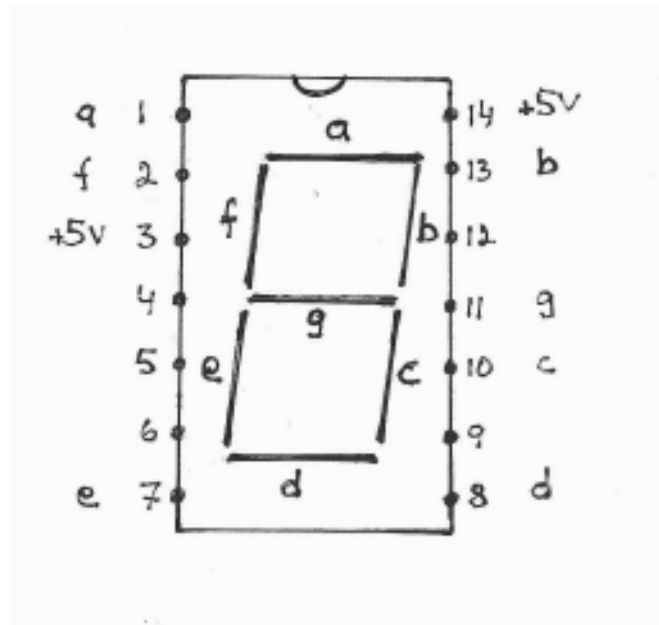
Fungerar din adderkrets som den skall ?

7-segmentsdisplay. Teori.

Binär information måste kunna göras synlig för omvärden på ett sätt som vi begriper. Vad visar Digitalmultimetern, eller vilket spår spelar CD-spelaren ? Vilken frekvens är inställd på radion eller vilken kanal tittar jag på på TV-n ?

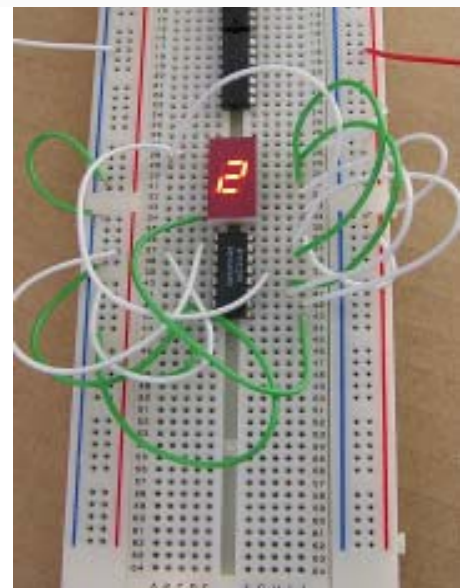
På något sätt måste den binära informationen omvandlas till det digitala, som vi är vana vid.

Ett vanligt sätt att representera siffror är med hjälp av en sju-segmentsdisplay. Som namnet anger har den sju segment, som är ordnade på ett speciellt sätt. Segmenten är markerade enligt en internationell standard så att segment a är högst upp, segment b och c överst respektive nederst till höger osv. Se figuren.

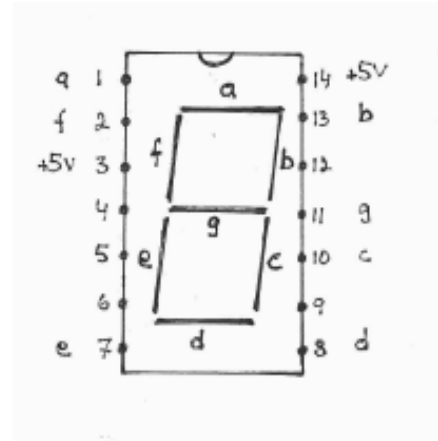


Ett segment lyser upp när den gemensamma + polen är ansluten till en positiv spänning, t.ex. +5 V, och respektive segments anslutning läggs till jord.

De 10 siffrorna i decimala systemet kräver 4 binära signaler. Dessa avkodas segment för segment, så att alla 7 segmenten får korrekt information beroende på vilket "tal" som de binära signalerna representerar. Se tabellen nedan. Med segmenttillståndet "1" menas att segmentet lyser.



Decimal tal	Binärt tal				Tillstånd för segment						
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1



Ser vi på de logiska villkoren för att t.ex. segment "a" skall lysa, så gäller att digitala siffrorna skall vara 0 eller 2 eller 3 eller 5 eller 7 eller 8 eller 9. Annars skall segmentet vara släckt. Vi får med andra ord följande logiska villkor för "a"-segmentet: $0000+0010+0011+0101+0111+1000+1001$ eller:

$$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D} + ABC\bar{D} + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}D$$

Du kan själv gå igenom motsvarande villkor för segment b, c, d osv. Snabbt inses att det kommer att gå åt en faslig massa grindar. Därför har man gjort speciella kretsar med alla grindar inbyggda. En sådan krets i 74-serien heter 7447. Till den kan man koppla fyra binära signaler och i andra ändan en 7-segmentsdisplay. Vi skall labba på den.

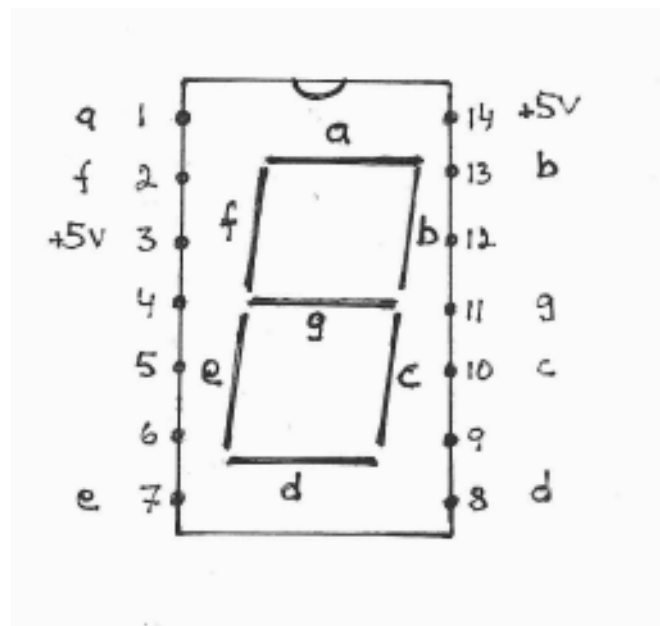
7-segmentsdisplay. Laboration.

Du behöver:

- 1 labplatta med 4,5 V batteri
- 1 7-segmentdisplay
- 1 7447
- en massa kopplingstrådar.

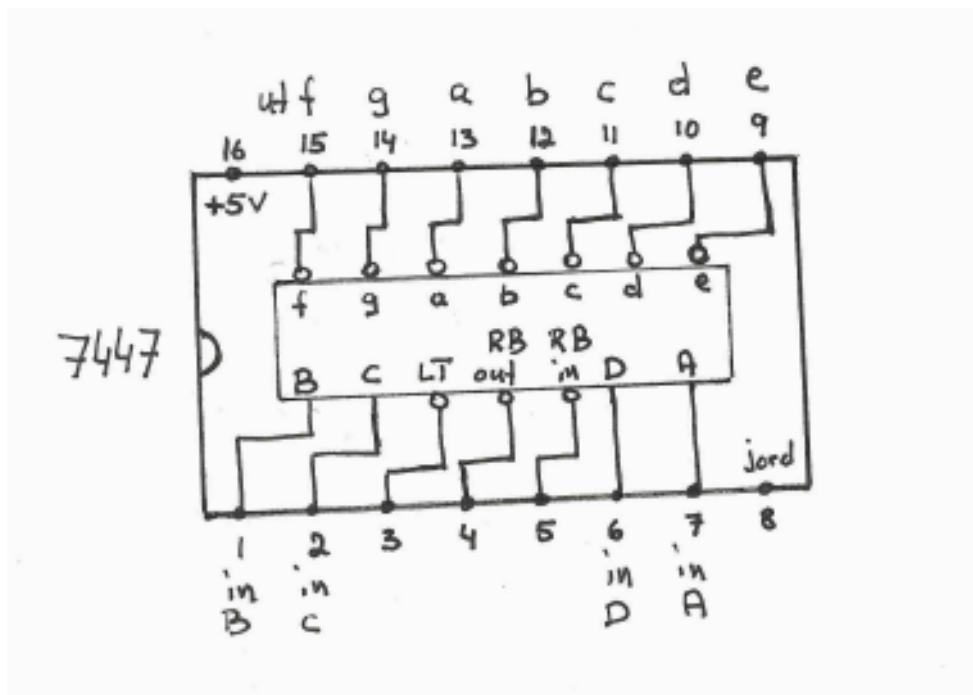
Du placerar 7-segmentdisplayen längst till vänster på labbplattan, och 7447-kretsen nära till höger om den. Du behöver vidare ett stort antal kopplingstrådar med avisolerade ändrar för att förbinda 7-segmentdisplayen med binär-avkodaren.

7-segmentdisplayens layout ser ut som på bilden här bredvid. Sätt den på plats på labbplattan. Anslut pinne 3 och 14, (kallas common anode på engelska) till +4,5 V. Testa att alla segmenten lyser genom att ansluta i tur och ordning seg-



ment a, b, c, d osv. till jord.

Avkodarkretsen 7447 ser ut som till höger. Kretsen innehåller en massa OCH-grindar, ELER-grindar och inverterare som avkodar de fyra binära insignalerna till sju utgångar, en för varje element i 7-segment displayen. Skulle vi bygga upp denna krets ”diskret” med OCH-grindar, ELLER-grindar och inverterare så skulle det bli en faslig mängd kretsar och sladdar.



Sätt den på labbplattan, och anslut till 4,5 V och jord. Koppla respektive utgång a-f från 7447 till motsvarande ingång på 7-segment displayen. Det blir hela 7 st små trådar, så det gäller att vara fingerfärdig och göra rätt - men det klarar du säkert.

Lägg nu i tur och ordning alla 4 binära ingångarna till jord för att bilda talet ”0”, lägg a i luften, övriga till jord för att bilda talet ”1” osv. och kontrollera att displayen visar siffrorna som den skall. Fungerar det ?

