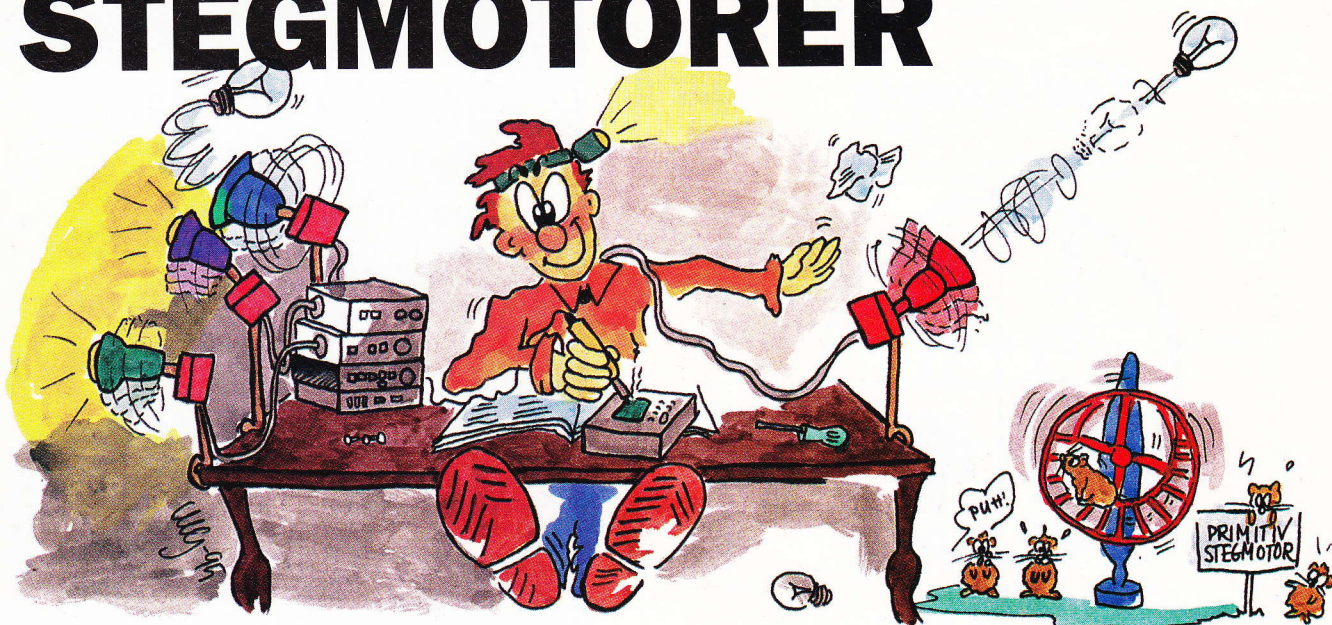


STYRNING MED STEGMOTORER



I detta nummer fortsätter Elektronikvärlden sin serie byggprojekt med ett avsnitt som behandlar hur man styr digitalteknikens favoritmotor – stegmotorn.

Det här är ett bygge som passar dig som behöver en exakt teknik för att positionera din filmkamera, dina spotlights, pannventiler eller annat i din omgivning.

Kanske är det dags att sätta igång det där robotprojektet du drömt om? Om du nu inte har dessa ambitioner kan bygget bli en lärorik introduktion i modern styrteknik.

Av Nils-Åke Petersson

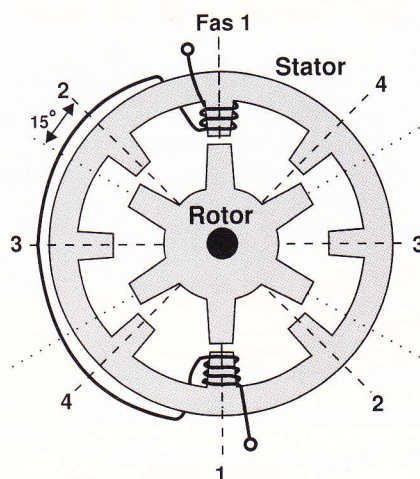
Med stegmotorn har elmotor definitivt kuggat in i den digitala elektronikens värld. En dator eller mikroprocessorn, eller digitaltekniken överhuvudtaget, arbetar med pulser och det gör även stegmotorn. Varje puls från elektroniken ger ett steg dvs en bestämd rörelse hos stegmotorn. Den digitala tekniken vet precis var den har sin motor.

Det är inte konstigt att vi hittar stegmotorer i kortläsare, sedelautomater, faxmaskiner, skrivare, plottrar, floppydiskar, hårddiskar, spel, ljusanläggningar osv. Det gemensamma för alla de här maskinerna är att de använder digitalteknik och syftar till positionering.

Två typer och en hybrid

Det finns tre typer av stegmotorer, **variabel reluktansmotor** (VR-motor), **permanentmagnetmotor** (PM-motor) och **hybridmotor** som är en kombination av de två första.

Kanske är reluktansmotorn den enklaste att förstå (figur 1).



Figur 1: Reluktansmotorn

Rotorn är tillverkad av mjukt järn som tillåter ett magnetiskt flöde att strömma igenom och försvinna precis som strömmen i en ledare. **Reluktans** betyder just magnetiskt motstånd och motsvarar den elektriska strömkretsens resistans.

Statorn består av tandformade elektromagneter vars magnetism kan kopplas in och ur och dess polaritet växlas.

Det magnetiska flödet eftersträvar minsta motståndets väg vilket inträffar när luftgapet är så litet som möjligt dvs rotorns tänder står mitt för statorns tänder.

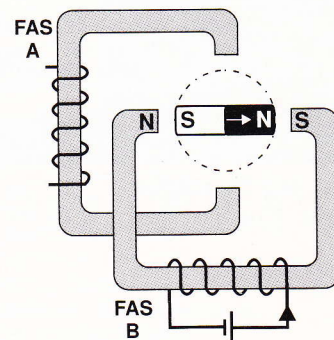
I bilden (fig.1) har elektromagneterna som tillhör fas 1 kopplats in och rotorn ställt in sig för minsta reluktans i magnetkretsen.

Om nu istället fas 2 kopplas in kommer rotorn att flytta sig 15 grader medurs eftersom detta är kortaste vägen till ett nytt tillstånd av minsta möjliga reluktans. Som framgår av bilden har statorn och rotorn olika antal tänder. I annat fall skulle det inte fungera alls!

Principen är således enkel. Man låter magnetfältet skifta runt och rotorn följer efter.

VR-motorns främsta fördel är att den kan utrustas med ett stort antal tänder och därmed ett stort antal steg per varv. Ett varv motsvarar som bekant 360 grader och hos VR - -motorn motsvarar varje steg t ex 15, 7,5, 1,8, eller 0,45 grader.

Motorns främsta nackdel är att den är helt kraftlös i strömlöst tillstånd eftersom



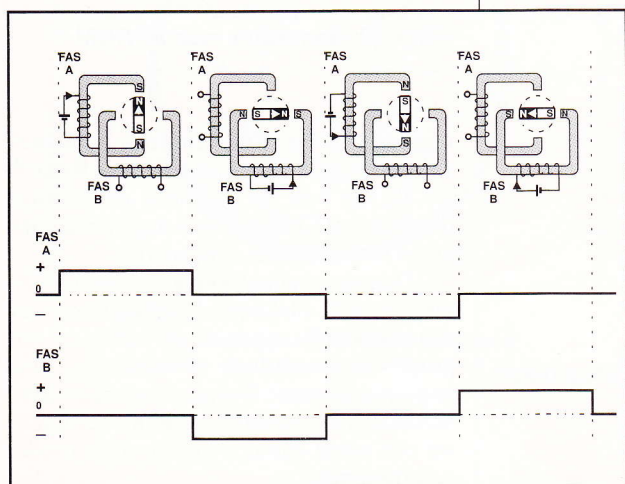
Figur 2: Permanentmagnetmotorn

magnetismen inte stannar kvar i mjukjärns-rotorn.

Permanentmagnetmotorns uppbyggnad ger en betydligt starkare motor (figur 2).

Rotorn har inga tänder utan är istället uppbyggd av permanentmagneter vilket ger motorn dess namn.

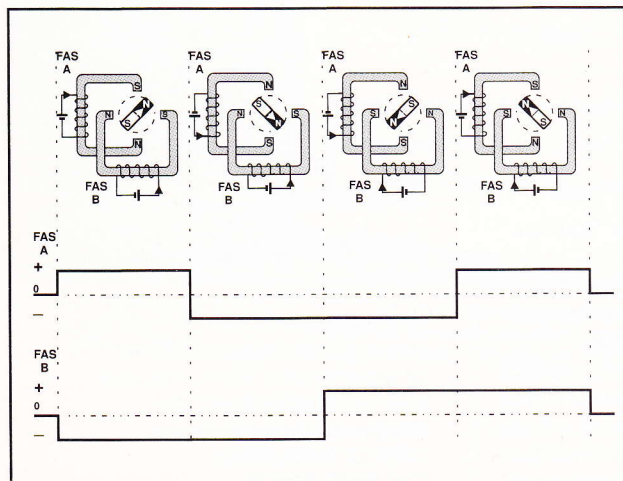
Figur 2 visar principen för denna motor. Rotorn kommer att ställa in sig efter regeln: olika poler attraherar och lika poler stöter bort. Genom att mata varje fas i sekvens och med lämplig polaritet kommer rotorn flytta sig stegvis runt. Den enklaste metoden att åstadkomma detta kallas **vågdrivning** (figur 3).



Figur 3: Vågdrivning av stegmotor

Som framgår av bilden utnyttjas endast en lindning i taget. För att få kraftigare magnetfält hade det varit bättre om man kunde utnyttja alla lindningar eftersom fler lindningsvarv ger kraftigare magnetism och därmed mera kraft från motorn. Detta uppnår man med **helstegsdrivning** (figur 4).

I det här fallet utnyttjas samtliga lindningar i varje steg vilket ger maximalt vridmoment. Antalet steg per varv är samma som för vågdrivning men rotorns fasta lägen ligger ett halvt steg offset i förhållan-



Figur 4: Helstegsdrivning av stegmotor

de till vågdrivningens fasta läge. Som du säkert redan räknat ut kan man kombinera de här två drivmetoderna och uppnår då så kallad **halvstegsdrivning**.

Halvstegsdrivning ger inte endast dubbelt så många steg per varv. Det ger dessutom motorn en jämnare gång och minskar risken för **resonans**. Varje massa har en naturlig egenfrekvens och rotorn i stegmotorn utgör inget undantag. Resonans gör motorn kraftlös. Det går inte att undvika resonansfenomen helt men effekten blir mindre med halvstegsdrivning.

För att få ännu jämnare gång och nästan helt eliminera resonansfenomen kan man använda en drivmetod med ännu mindre

steg – **mikrosteg**. Om man utgår från helstegsdrivning enligt figur 4 kan man förstå principen så här:

I helstegsdrivning hålls rotorn i ett fast läge mitt emellan de båda statorpolerna på grund av att polerna är lika starka dvs strömmen genom de båda lindningarna är lika. Om man istället driver olika ström genom lindningarna kan man i princip låsa rotorn i vilket som helst läge mellan polerna vilket ger mikrostegen.

Mikrostegmetoden kräver mera elektronik men ger högre stegupplösning, mjukare gång, mindre resonans och vibrationer och dessutom mindre störningar. (Snabba pulser och höga strömmar genererar alltid elektromagnetiska vågor. En mera mjuk styrning som mikrostegning innebär därför en svagare störkälla.)

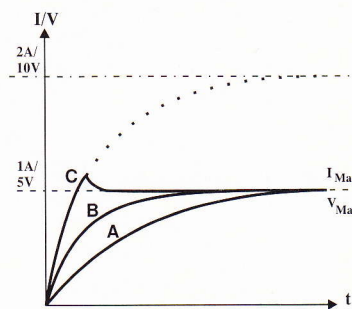
Hur styr man då en stegmotor i praktiken

Som du sett är principen för styrning av en stegmotor enkel. Man skickar ström genom statorns lindningar i en bestämd ordning och rotorn följer efter. Omvänd ordning och rotorn vänder den också. I praktiken finns det dock en hel del svårigheter. Varje motor har spolar och dessa gillar inte snabba strömändringar. Om vi vill ha en stark motor behöver vi mycket ström. Om vi dessutom vill ha hastighet på motorn behöver vi åstadkomma snabba strömändringar dvs precis det som varje motorlindning fundamentalt motsätter sig.

Det är här drivelektroniken till motorn får en avgörande betydelse.

En 5V/1A stegmotor som drivs med 5V fungerar

inte speciellt bra! Om man kopplar in 5V till en lindning tar det i princip oändligt lång tid innan strömmen nått fullvärde och motorn därmed utvecklat fullt moment.



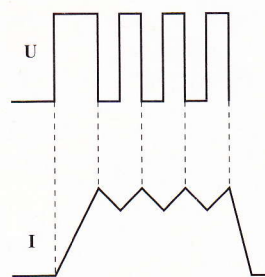
Figur 5: Metoder att snabba på strömmen

Kurvan A visar hur strömmen stiger vid inkoppling av 5V. I kurva B har vi kopplat in ett motstånd i serie med lindningen och en högre spänning. Stigtiden bestäms av L/R och minskar därför med ökat R . Detta kallas **RL-drivning**. I kurva C kopplas först en hög spänning in vilket ger en snabb stigning. När maximala strömvärdet uppnåts kopplas den lägre spänningen in. Detta kallas **två-nivå drivning** (bi-level).

RL-metodens stora nackdel är de effektförluster som uppstår i motståndet. Två-nivådrivning är i det avseendet bättre och utnyttjas i många drivkretsar. Principen att pressa upp strömmen snabbt genom en hög spänning och sedan bryta vid rätt nivå utnyttjas i den drivmetod som kallas **chopper-drivning**.

Drivkretsen har stor betydelse

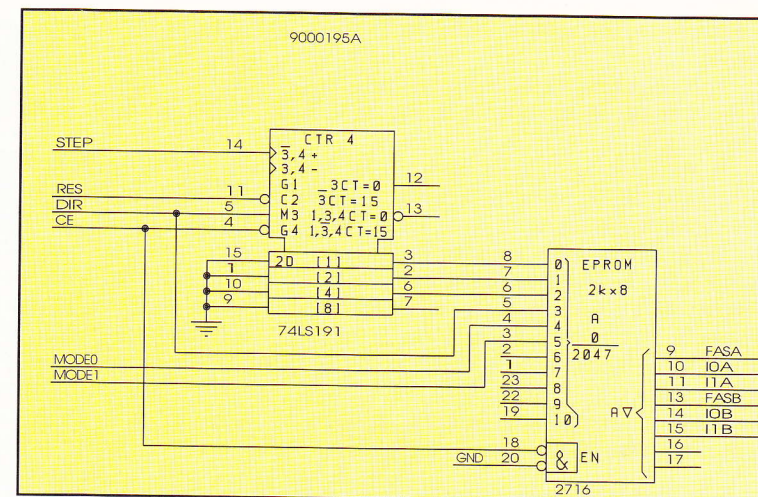
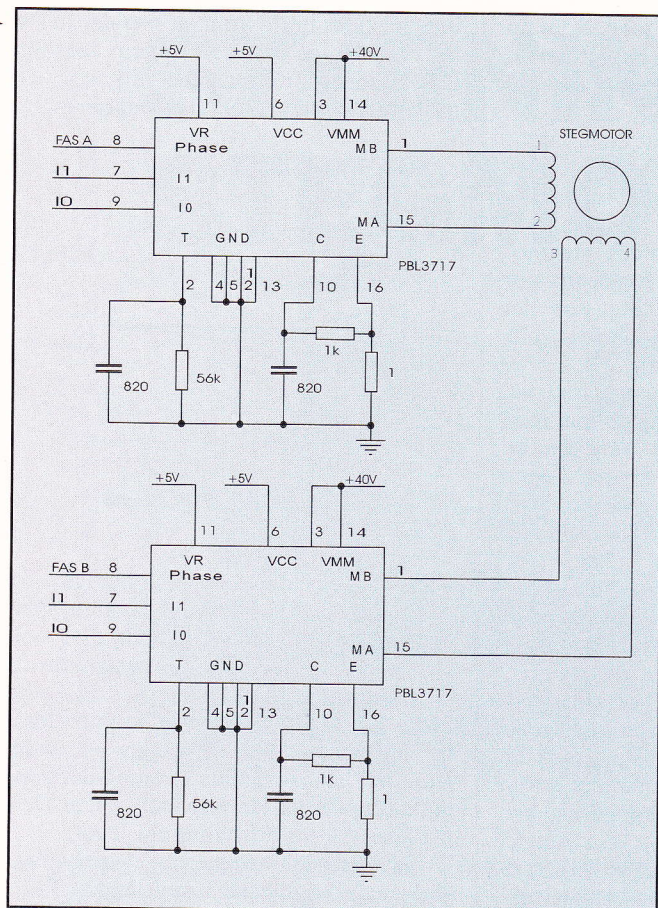
Vi har valt att använda en drivkrets PBL3717 från Ericsson. Denna krets utnyttjar switch-teknik (chopperdrivning) för att snabbt nå full strömstyrka samt behålla denna under hela tiden en lindning är inkopplad.



Figur 6: Strömreglering med switch-teknik

Motorspänningen till kretsen är avsevärt högre än motorns nominella spänning. Strömmen stiger därmed snabbt, men avbryts när den når maxvärdet.

Den hålls sedan på rätt medelnivå genom pulserna. Switchfrekvensen bestäms av en oscillator och kan anpassas till motortypen.



Figur 10: Generator med EPROM

Figur 7: Drivsteg med PBL3717

Motorströmmens storlek kan bestämmas genom ett yttre motstånd och dessutom styras till fyra olika nivåer med två digitala ingångar.

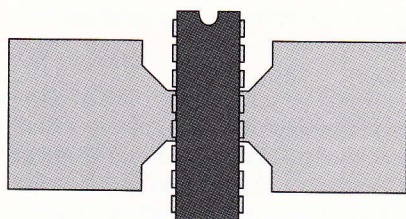
Varje PBL3717 kan driva max 1,2A genom en lindning (efterföljaren 3717/2 klarar 1,5A, högeffektaren PBL3770A hela 1,8A). Det behövs således två PBL3717 för en 2-fas bipolär stegmotor.

Styrkortet

Själva drivsteget med två PBL3717 är således enkelt (se figur 7). Ingången Phase drivs med hög (H)/låg (L) signal varvid kretsen matar ström genom lindningen det ena eller andra hållet.

De logiska nivåerna på I_0 / I_1 bestämmer strömnivån från 0 till 100% i fyra steg. L / L ger 100%, H / L ger 60%, L / H ger 20% och H / H ger 0%. Det är upplagt för digital styrning!

Kretsarna måste kylas. Upp till 0.8A räcker det med ett kopparplan i mönster-

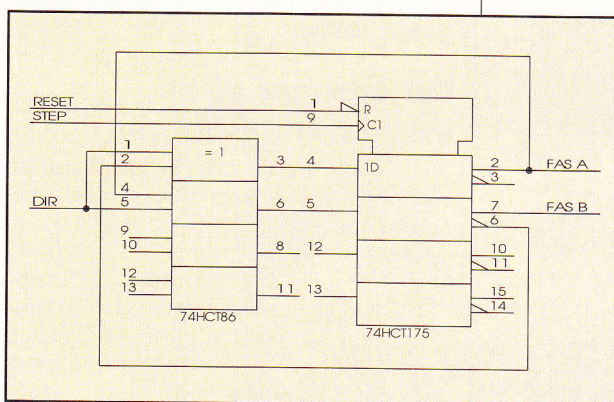


Figur 8: Kylare genom koppars på mönsterkortet

kortet som förbinds med IC-kretsens GND-pinnar (figur 8).

För högre strömmar krävs en yttre kylare. För att få så lite störningar som möjligt är layouten viktig.

Som redovisats ovan kräver en full cy-



Figur 9: Enkel TTL-generator. (Ericsson)

kel hos stegmotorn minst 4 olika "styrdata" (8 vid halvsteg).

Givetvis kan man låta en dator eller en mikroprocessor direkt generera den nödvändiga sekvensen av styrsignaler.

Problemet är att datorn då blir ganska upptagen med en enkel sak. Oftast vill man ju bara stega, fram eller bak. För att avlasta datorn eller om man vill styra med enklare medel sätter man oftast en "generator" framför drivkretsarna. En enkel TTL-ge-

nerator för helstegsdrivning och fram/back som du bygger själv kan se ut som figur 9.

Vi har valt att generera nödvändiga data med ett EPROM som stegas fram/bak av en binärräknare (se figur 10).

Detta är en enkel teknik som ger utrymme för alla tänkbara kombinationer av drivmetoder bara genom att adressera rätt grupp av data (dock ej mikrosteget med kopplingen ovan). Det går utmärkt att styra en sådan här generator endast med stegpulser och enkla omkopplare för olika moder och fram/bak.

Man kan också bygga vidare. En parallellkrets med till exempel 16 utgångar på ett mikroprocessorkort kan styra upp till 4 styrtkort och kan lätt expanderas för fler. Om sedan mikroprocessorn ansluts till en PC via serieporten ... men detta är en annan historia!

Artikeln är hämtad från bygghandboken "Styrning av stegmotorer" som förutom styrtekniken behandlar olika typer av stegmotorer.

Beställ och bygg

Till handboken finns en experiment- och byggsats för den som vill lära sig mer och själv bygga ett styrtkort till en stegmotor (pris 380 kr inklusive moms). Beställ direkt från **Belganet Dataelektronik, 370 12 HALLABRO. Tel 0457-52175.**