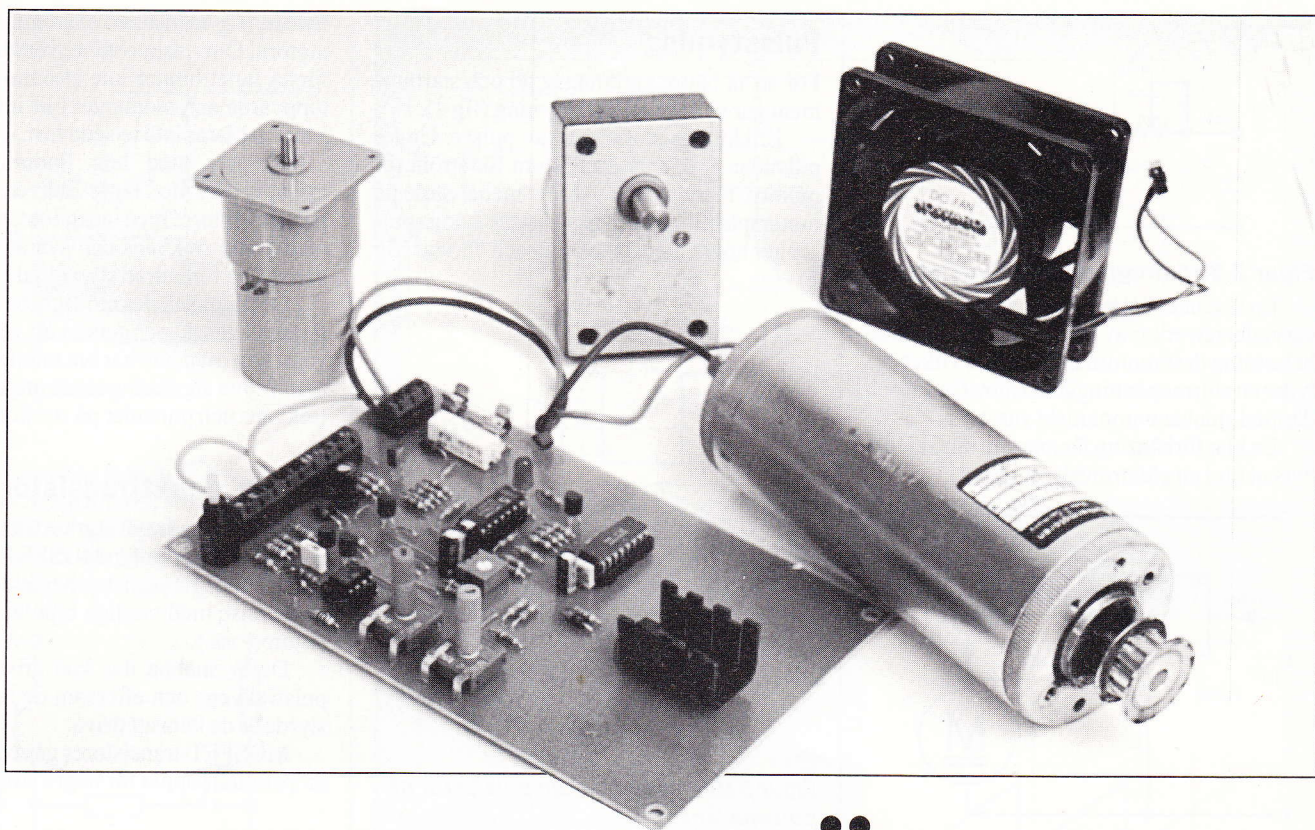




KONTROLL FÖR ELMOTOTORER

I detta nummer fortsätter Elektronikvärlden sin serie byggprojekt med ett avsnitt som behandlar pulsstyrning av likströmsmotorer. Du kan använda bygget för manuell varvtalsreglering, eller bygga på en givare för automatisk temperatur- eller fuktreglering, för att få lägsta nivå i ett fläktsystem osv.

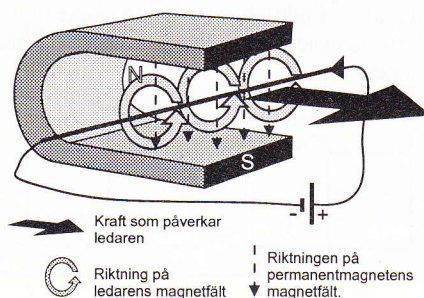
Av Nils-Åke Petersson

Elmotorer! Kan det vara ett intressant ämne för en elektronikintresserad idag? Inte förrän jag kom underfund med att vi använde över 20 stycken i vårt eget hus förstod jag att det här fanns en dold teknik väl värd att lyfta fram. Faktum är att det dräller av motorer runt omkring oss och elektroniken bakom varje motor växer i betydelse.

Banbrytande upptäckt

För Hans Christian Örsted, var det en fantastisk och banbrytande upptäckt när han 1820 kom på att strömmen genom en ledare alstrade ett magnetfält.

När sedan den strömförande ledaren placeras i ett magnetfält utsätts den för en kraft som strävar efter utjämning av fältet (fig 1).



Figur 1 Strömförande ledare i ett magnetfält.

Dansen Örstedts upptäckt av länken mellan ström och magnetism är grundvalen för den elektriska motorn.

Motorn bygger på samma princip än idag.

Den största skillnaden är kanske att vi idag tar elektroniken till hjälp att styra våra motorer.

- Fläkten i PC:n kan temperaturstyras för lägsta ljudnivå.
- Hastigheten på leksaksmotorn i RC-bilen eller i det industriella servot kan regleras med pulser.
- Den position som ställs in av parabolmotor eller stegmotor i hårddisken blir exakt tack vare elektronik.

Den bortslösa motorn och stegmotorn är bra exempel på moderna motorer som utvecklats med den moderna kraft- och digitaltekniken.

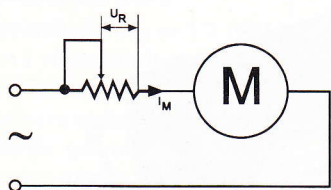
Varvtalsstyrning

Hur styr man då till exempel varvtalet på en elektrisk motor.

Säkert minns du den gamla symaskinens "gaspedal". I den satt ett variabelt motstånd vilket kopplades ur ju mer man tryckte på gasen (fig 2).

Här är det ohms lag som gäller! Genom det spänningsfall U_R som uppstår i motståndet, begränsas strömmen I_m till motorn och därmed varvtalet.

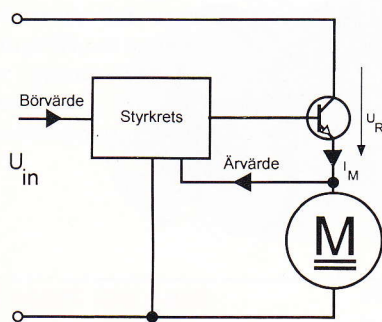
Även mindre likströmsmotorer kan ibland styras på detta sätt. Ventilationsfläkten i äldre bilar är ett exempel.



Figur 2 Strömreglering med resistans.

En stor nackdel med denna styrning är att varvtalet påverkas av belastningen. Vid ökad belastning drar motorn mera ström vilket betyder ett större spänningsfall i motståndet och därmed sjunker automatiskt varvtalet.

En klar förbättring får man om motståndet byts ut mot en elektronisk reglering.



Figur 3. Serieregulator.

I princip är detta en vanlig serieregulator (fig 3) av samma typ som man använder i enkla spänningsaggregat.

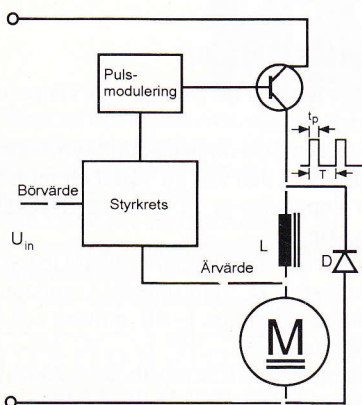
Fördelen är att det nu går att hålla konstant utspänning relativt oberoende av belastningen. Det är också möjligt att basera regleringen på ett konstant varvtal med hjälp av en pulsgivare (Tacho) och lite mera elektronik.

Den kvarstående nackdelen med denna typ av reglering som även kallad **kontinuerlig** styrning är den effektförlust som uppstår i regulatorn: $P = I_M \times U_R$

En annan nackdel är att motorn är betydligt svagare om man startar den med en låg spänning.

Om man har en ledare i ett magnetfält är ledaren utsatt för ett kraft $F = B \times I \times l$ där F är kraften i N (newton), B är magnetiska flödestätheten i T (tesla) och I är strömmen i A (ampere) och l är ledarens längd i m (meter).

En låg inspanning betyder en låg ström och därmed ett lägre startmoment.

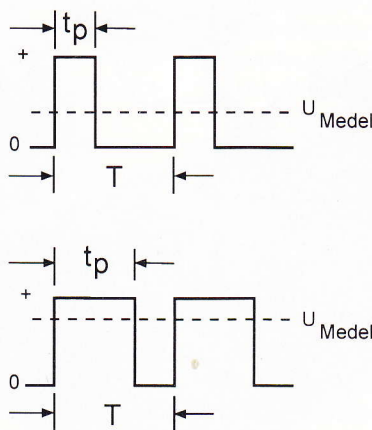


Figur 4. Pulsstyrning av motor.

Pulsstyrning

För att få bättre verkningsgrad och startmoment går vi över till pulsstyrning (fig 4).

Effekttransistorn styrs av pulser. Under pulstiden t_p öppnar transistoren för ström till motorn. Korta pulser ger lågt medelvärde på motorspänningen och lågt varvtal. Långa pulser ger högre medelspänning och varvtal (fig 5).



Figur 5 Medelvärde av en puls beror på pulsens längd.

Effektförlusten uppstår endast under tiden som transistoren leder och blir då $I_M \times U_{bot} \times t_p / T$ där U_{bot} är en restspänning över transistoren när den leder. Genom att välja en transistor med låg restspänning (U_{bot}) kan verkningsgraden bli hög.

Tekniken att styra motorn med hjälp av olika långa pulser kallas pulsbreddsmodulering och man använder ofta förkortningen PWM (Puls Width Modulation).

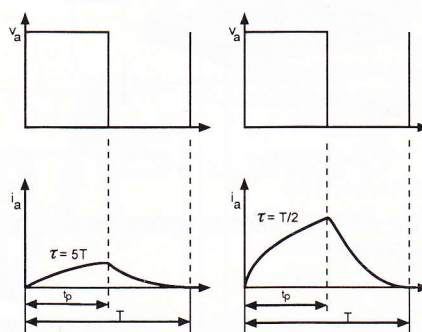
Hur korta pulser?

Vilken pulsfrekvens är lämplig och hur korta kan pulserna vara?

Svaret är avhängigt vilken motor man har!

En vanlig permanentmagnetmotor har en lindningsinduktans som varierar från delar av μH till mH.

Spolens tidskonstanten $\tau = L / R$. Ju högre induktans lindningen har desto längre tid dvs desto långsammare stiger strömmen i lindningen.



Figur 8 Induktansen bestämmer nödvändig pulslängd.

Bilden (fig 8) visar en spänningspuls V_a till motorn. Om tidskonstanten är lång som i det första fallet hinner inte strömmen I_a nå sitt toppvärde och momentet blir inte utvecklat. Motorn klarar inte avsedd last.

Motorer med hög lindningsinduktans måste drivas med lägre frekvens och längre pulser. Motorer med låg induktans kan drivas med högre frekvens och svarar också snabbare på en förändrad styrsignal.

Det finns således möjligheter att optimera motors egenskaper genom att välja rätt frekvens. Om man inte har bra mätutrustning kan man prova sig fram genom att laborera med frekvens och pulstider på styrcortet.

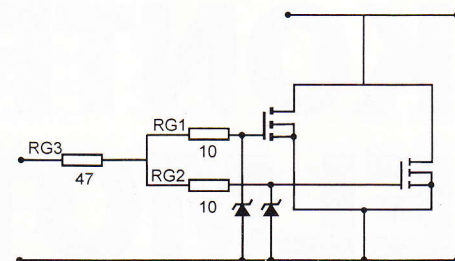
Val av effekttransistor

Vi har valt att göra ett styrcort där vi använder en effekttransistor typ MOSFET.

MOSFET-transistor har klara fördelar i jämförelse med vanliga bipolära effekttransistorer.

De är snabba dvs kan arbeta med hög pulsfrekvens och eftersom de är spänningsstyrda är de lätta att driva.

MOSFET-transistorer går också utmärkt att parallellkoppla för högre ström (Fig 9).



Figur 9 Parallellkopplade MOSFET.

De små motstånd R_{G1} och R_{G2} förhindrar eventuella tendenser till självsvängning. Eftersom en MOSFET kopplar med hastigheter motsvarande frekvenser över 200MHz finns risk för högfrekventa självsvängningar (parasitsvängningar) vid omslagen.

Genom att koppla in små motstånd i serie (10 -100 ohm) motverkas detta. Även små ferritkolor kan vara effektiva för frekvenser över 100 MHz.

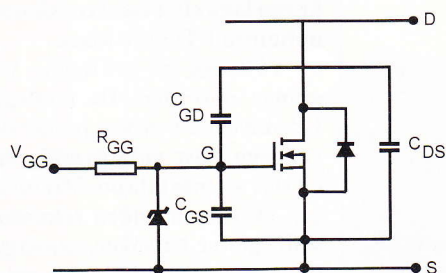
Separata väl avkopplade drivkretsar tex parallellkopplade CMOS-buffrar rekommenderas av tex Philips.

För att utnyttja en automatisk fördelning av strömmen genom parallellkopplade MOSFET bör de vara termiskt hopkopplade tex sitta på samma kylare.

Några saker som är värda att tänka på vad gäller MOSFET:

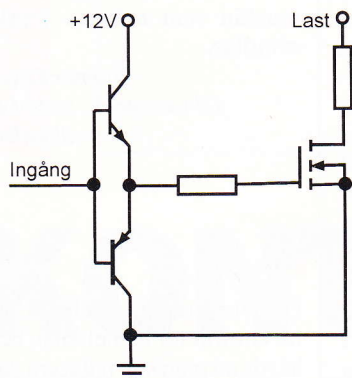
- Eftersom det är en MOS-transistor är den känslig för statisk elektricitet.
- Vid hög switchfrekvens uppstår förluster som man inte kan bortse från vid sidan om den förlust som uppstår genom ledningsresistansen $R_{DS(on)}$ i kanalen.
- För snabba omkopplingstider krävs

snabb laddning resp urladdning av kapacitanserna till styret (fig 10).



Figur 10 Kapacitanser inne i transistorn.

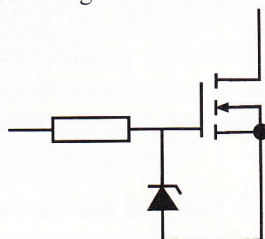
För snabb omkoppling måste drivkretsen kunna både sänka och lämna en strömpuls i storleksordningen 1 A. Med flera parallellkopplade transistorer kan det bli en hel del ström. Detta är en vanlig koppling (fig 11):



Figur 11 Push - pull drivning.

Det finns även anledning att skydda transistorens styre mot spänningsspikar eller överspänning. Detta kan göras med en zenerdiod (fig 12):

Figur 12. Skyddad ingång med zenerdiod.



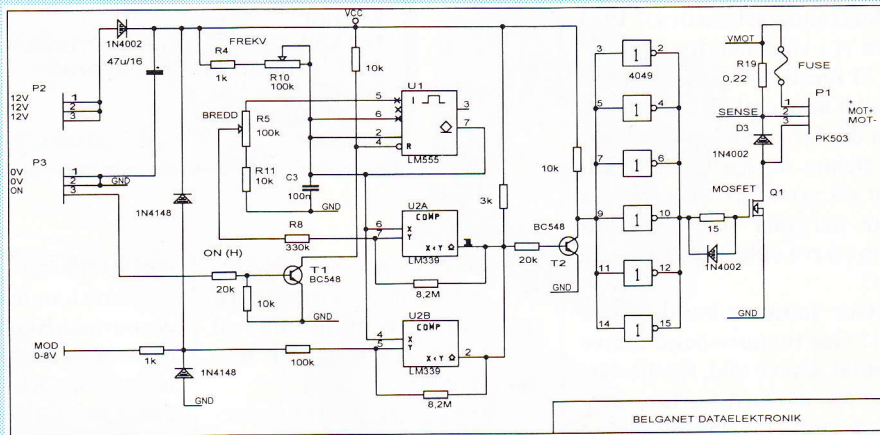
Styrenheten

Vi har använt standard IC-kretsar för att generera pulserna till effektransistorer.

För den som är ute efter att styra och reglera en likströmsmotor i experimentsyfte eller i ett eget projekt är standardkretsarna en ekonomisk lösning.

Styrning av motorer och induktiva laster överhuvudtaget är fullt av överraskningar (som man i bästa fall kan se på ett snabbt oscilloskop) och kräver därför ofta sitt offer i form av uppbrända transistorer och kretsar innan lärdomstiden är över.

När man blivit lite mera varm i kläderna skall man absolut titta närmare på de specialkretsar för motorstyrning som finns på marknaden. Dessa IC-kretsar innehåller ofta mycket av den elektronik som krävs för ett kontrollsystem av servotyp och tillförlitlig drivning av yttre effektransistorer.



Figur 6 Schema på på elektroniken för pulsstyrning.

Ett styrkort för likströms-motorer

Den elektronik som krävs för pulsstyrning av en likströmsmotor är inte speciellt invecklad.

Så här ser schemat ut (fig 6).

En LM555 kopplad som oscillator bestämmer frekvensen.

Kondensatorn C_3 laddas upp med en hastighet som bestäms av R_{10} och R_4 .

Under tiden som C_3 laddas ligger utgången ben 3 hög medan utgången ben 7, som är av typen öppen kollektor, är öppen.

När spänningen över C_3 och därmed insignalen till ben 6 kommer upp till en nivå motsvarande spänningen på ben 5 ändrar kretsen tillstånd och utspänningen på ben 3 blir låg samtidigt som utgången ben 7 laddar ur C_3 .

Eftersom det inte finns något urladdningsmotstånd sjunker spänningen över C_3 snabbt (fig 7).

När spänningsnivån kommer under 1/3 av kretsens matningsspänning startar en ny utpuls på ben 3 som varar tills C_3 åter är uppladdad (se fig. 7).

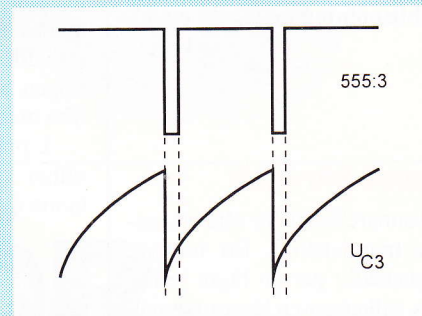
Utsignalen på ben 3 avbryts endast den korta tid det tar för att urladda C_3 . 555:ans enda roll är att fungera som en fast timer (oscillator).

För att kunna variera pulsbredden utan att oscillatorfrekvensen påverkas har en komparator U_{2A} kopplats in på 555:an.

Komparatorns X-ingång följer uppladdningen av C_3 medan dess Y-ingång ligger på en referensnivå bestämd av potentiometern R_5 . Så länge X-ingången ligger under Y-ingången är utsignalen från komparatorn hög varvid transistor T_2 leder.

Efter T_2 ligger drivarkretsen till MOSFET-transistor. Drivningen är i detta fallet sex parallellkopplade inverterande CMOS-buffrar typ 4049.

När T_2 leder blir insignalen låg till 4049 och utsignalen därmed hög vilket i sin tur



Figur 7 Snabb urladdning av kondensatorn.

betyder att MOSFET-transistorn leder vilket ger ström till motorn.

Parallellt med U_{2A} ligger komparatorn U_{2B} som följer uppladdningen av C_3 på samma sätt som U_{2A} .

Med hjälp av en variabel spänning på dess Y-ingång kan därför motorströmmen regleras med en spänning 0 - 8 V (modulationsgång).

Om LM555:ans resetingång dvs ben 4 dras låg med hjälp av transistor T_1 kommer inte C_3 att laddas upp vilket betyder att motorn hela tiden går med full spänning. Detta grundschema byggs enkelt ut med nya villkor för styrning som till exempel elektronisk säkring där spänningsfallet över R_{19} känns av.

Omedelbar avstängning av motorn kan ske genom att till punkt A i schemat koppla en transistor (öppen kollektor). Låg spänning i denna punkt innebär att MOSFET-transistorn omedelbart stryper strömmen till motorn.

En frihjulsdiod D_3 måste sitta över motorn för att skydda MOSFET-transistorn mot induktiva strömspikar då strömmen till motorn bryts.

Beställ och bygg

Artikeln är hämtad från bygghandboken "Pulsstyrning av en likströmsmotor" som förutom styrelektronik behandlar det mesta från magnetism till borstlösa likströmsmotorer.

Beställ direkt från:
Belganet Dataelektronik,
370 12 HALLABRO. Tel 0457-52175.
Till handboken finns en experiment- och byggsats för den som vill lära sig mer och bygga själv med likströmsmotorer. (pris 330 kr inklusive moms).