

# Workshop

**Information & Kommunikation**

## Arbeitsblätter Schrittmotorsteuerung

**Klaus Trimborn  
Heinrich-von-Kleist-Schule  
Bochum**

**Heft 1/02**

**Herausgeber:**

**Technik - Unterricht: Forum eV**

Verband der Techniklehrer für die gymnasiale Oberstufe in NRW

Memelstraße 75 47057 Duisburg

Tel/Fax 0203 - 354992

<http://www.tuf-ev.de>

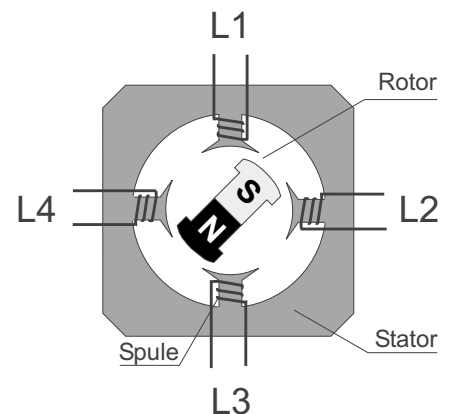
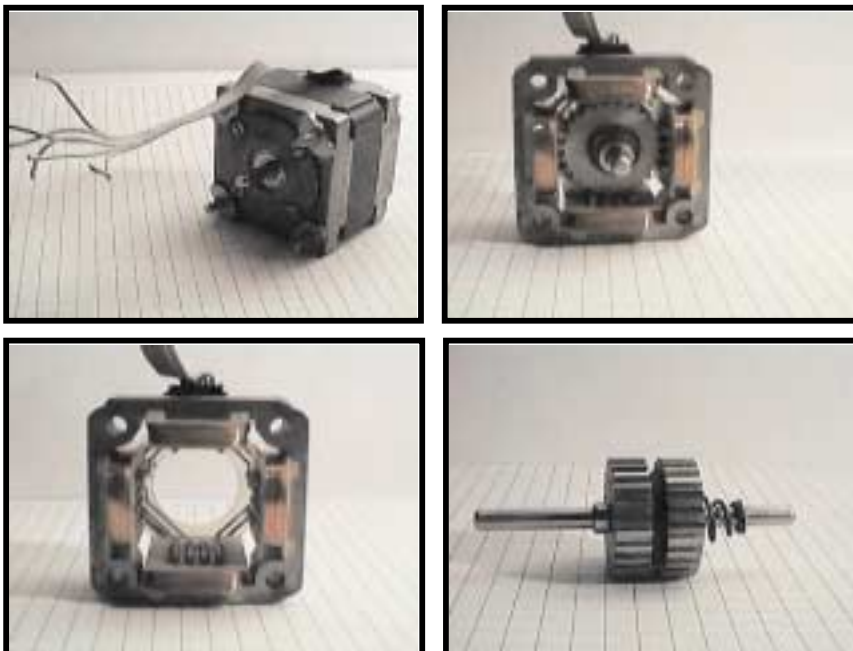
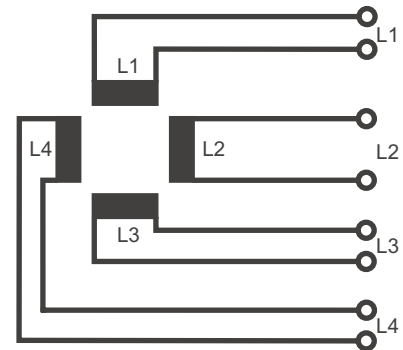
email: [peter.klatte@tuf-ev.de](mailto:peter.klatte@tuf-ev.de)

## Prinzipieller Aufbau

Schrittmotoren bestehen prinzipiell aus einem Permanentmagneten als Rotor und einem Gehäuse (Stator), in dem Elektromagneten in regelmäßigen Abständen radial angebracht sind.

Das nebenstehende Bild zeigt exemplarisch den Aufbau eines Schrittmotors, dessen Stator aus 4 Spulen besteht. Hierbei ist die Anzahl der Schritte pro Umdrehung auf 4 Schritte im Vollschrittbetrieb (entspricht  $90^\circ$ ) bzw. 8 Schritte im Halbschrittbetrieb (entspricht  $45^\circ$ ) beschränkt.

Reale Schrittmotoren weisen entsprechend höhere Spulenzahlen auf, so dass sehr kleine Drehungen je Schritt möglich sind.



## Mögliche Betriebsarten

### Unipolar

In dieser Betriebsart läuft ein gleichpoliges Magnetfeld im Stator um. Die einzelnen Spulen werden nur ein bzw. ausgeschaltet. Der Rotor wird nur an einem Magnetpol angezogen.

#### *Vollschritt*

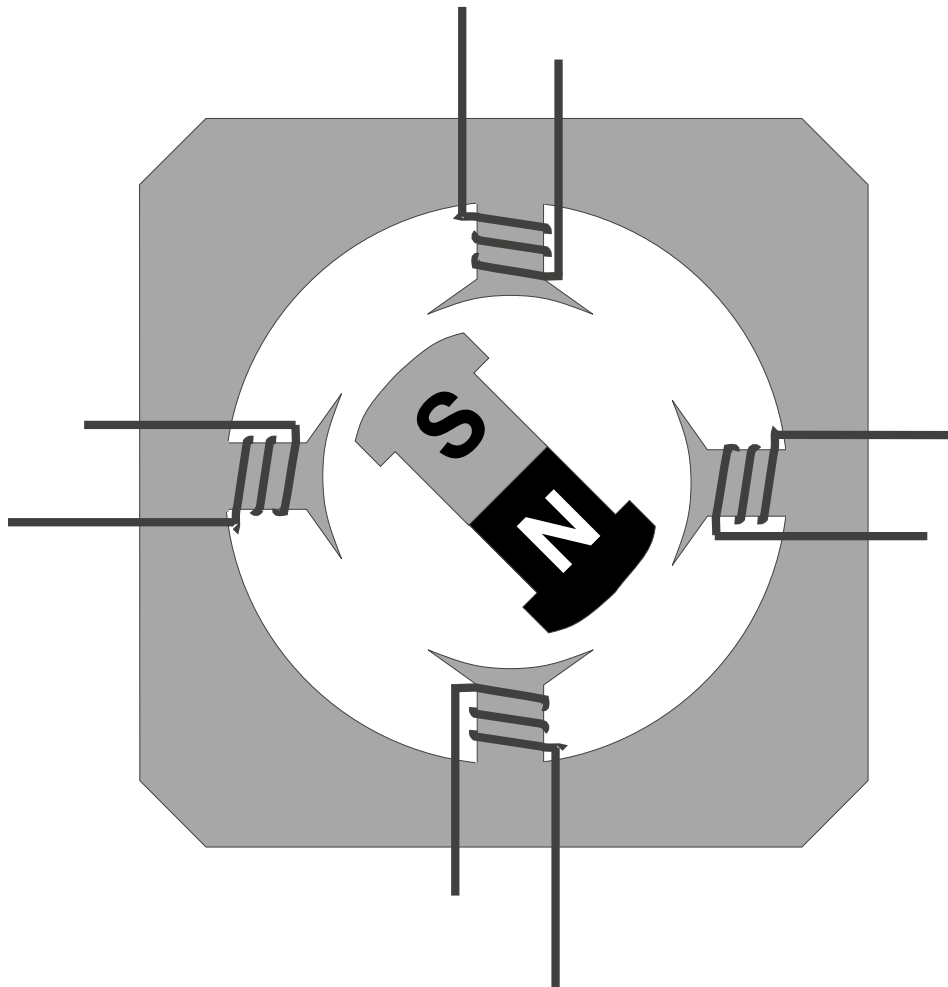
Es sind immer zwei nebeneinander liegende Statorspulen aktiv.

#### *Halbschritt*

Es sind abwechselnd 2 Spulen und nur eine Spule aktiv.

### Bipolar

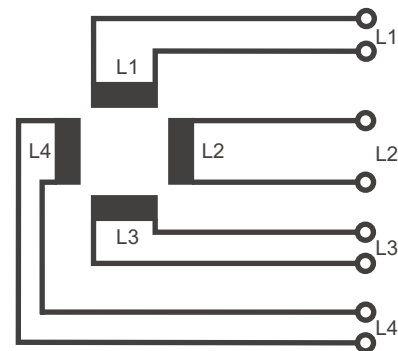
Hier wird in den gegenüberliegenden Spulen durch Umpolen der Stromrichtung jeweils ein entgegengesetztes Magnetfeld erzeugt, so dass der Rotor an beiden Polen von den Statorspulen angezogen wird.



## Bestimmung der Anschlussbelegung

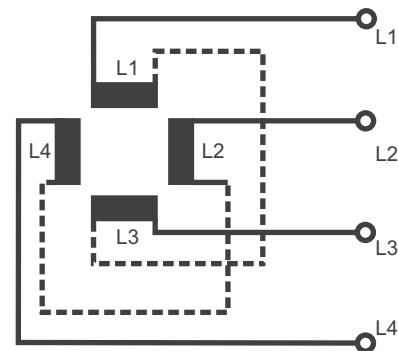
### Schrittmotoren mit 8 Anschlussleitungen

Hier ist jedes Spulenende einzeln herausgeführt.  
 Es müssen also mit Hilfe eines Durchgangsprüfers nur die zusammengehörenden Kabel identifiziert werden.  
 In welcher Reihenfolge die Kabel herausgeführt sind, muss durch Ausprobieren an einer Steuerschaltung getestet werden.



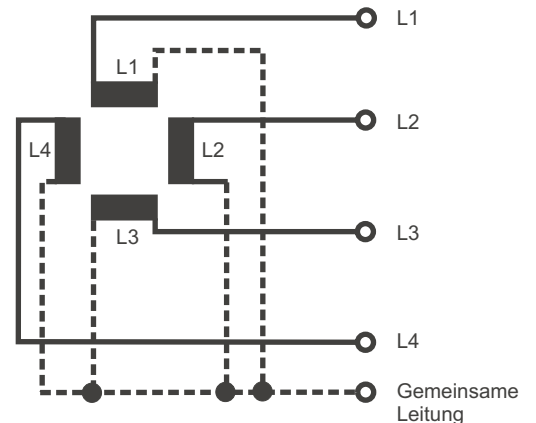
### Schrittmotoren mit 4 Anschlussleitungen

Hierbei sind zwei Spulenenden der gegenüberliegenden Spulen im Motor verbunden und werden nicht nach außen geführt. Die jeweils freien Spulenenden werden als einzelne Kabel herausgeführt. Die Kabel, bei denen man mit dem Durchgangsprüfer einen Durchgang feststellt, gehören zusammen.  
 Diese Bauform kann man nur bipolar verwenden. An den zusammengehörenden Spulenenden muss jeweils zwischen Plus- und Minuspol der Spannung umgeschaltet werden. Durch die Art der internen Zusammenschaltung resultiert aus dem gemeinsamen Stromfluss durch die Spulen jeweils ein Magnetfeld unterschiedlicher Polarität.



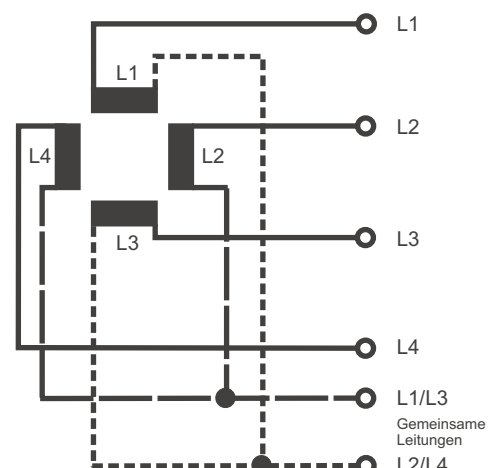
### Schrittmotoren mit 5 Anschlussleitungen

Hierbei sind jeweils ein Spulenende aller Spulen im Motor verbunden und werden mit einem Kabel nach außen geführt. Die jeweils freien Spulenenden werden als einzelne Kabel herausgeführt.  
 Beim Durchmessen mit einem Widerstandsmessgerät an zwei freien Spulenenden wird der doppelte Spulenwiderstand angezeigt (Reihenschaltung zweier Widerstände). Misst man ein freies Spulenende gegen die gemeinsame Leitung, zeigt das Messgerät den einfachen Spulenwiderstand an.  
 Die Zuordnung der Leitung zu den Spulen L1 - L4 muss in der Steuerschaltung getestet werden.

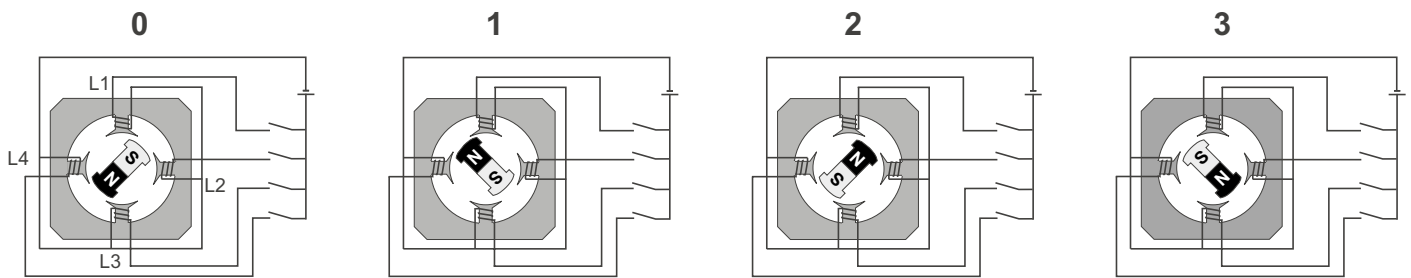


### Schrittmotoren mit 6 Anschlussleitungen

Hierbei sind jeweils ein Spulenende zweier Spulen im Motor verbunden und werden mit einem Kabel nach außen geführt. Die jeweils freien Spulenenden werden als einzelne Kabel herausgeführt.  
 Beim Durchmessen mit einem Widerstandsmessgerät an zwei freien Spulenenden wird der doppelte Spulenwiderstand angezeigt (Reihenschaltung zweier Widerstände). Misst man ein freies Spulenende gegen die gemeinsame Leitung, zeigt das Messgerät den einfachen Spulenwiderstand an.  
 Misst man zwei nicht zusammengehörende Leitungen, wird kein Durchgang angezeigt.



## Vollschrittbetrieb



### Wertetabellen

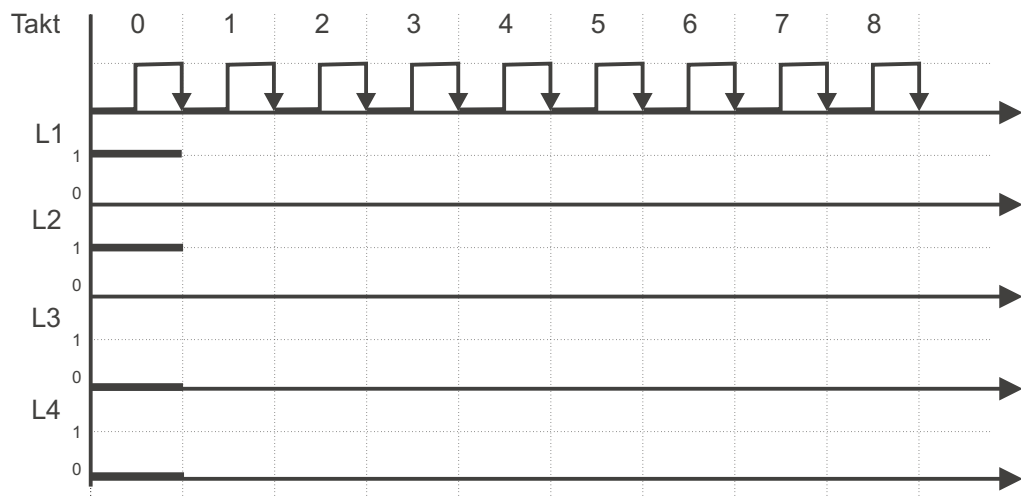
Rechtslauf

	L1	L2	L3	L4
0				
1				
2				
3				
4				

Linkslauf

	L1	L2	L3	L4
0				
1				
2				
3				
4				

### Signal-Zeit-Plan



### Aufgaben

Wie hängen die Signale L1 bis L4 von den Taktimpulsen ab?

---

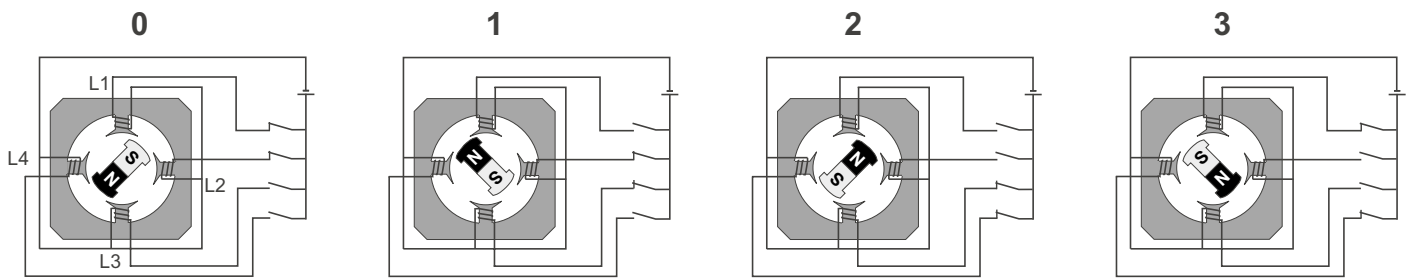
Wie hängen die Signale L1/L3 bzw. L2/L4 voneinander ab?

---

Wie hängen die Signale L1 und L2 voneinander ab?

---

## Vollschrittbetrieb



### Wertetabellen

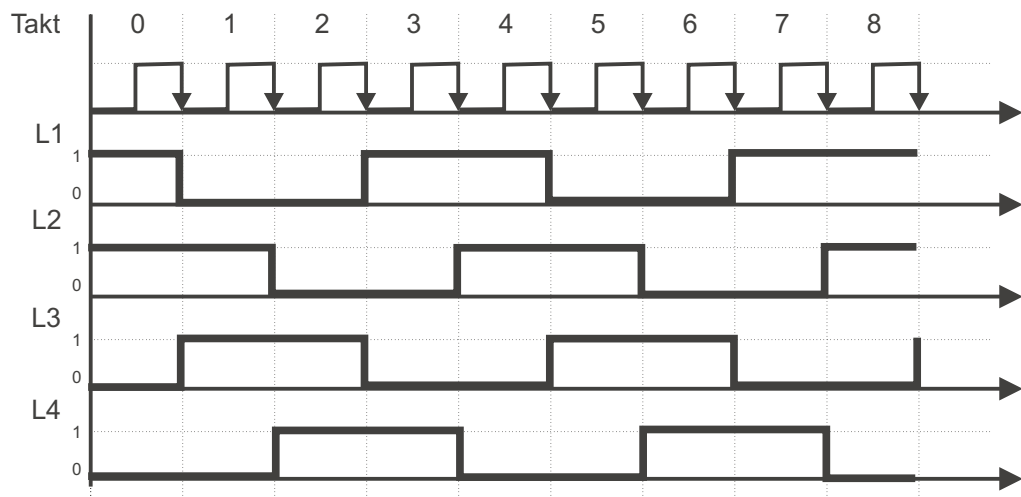
Rechtslauf

	L1	L2	L3	L4
0	1	1	0	0
1	0	1	1	0
2	0	0	1	1
3	1	0	0	1
4	1	1	0	0

Linkslauf

	L1	L2	L3	L4
0	1	1	0	0
1	1	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	1	1	0
4	1	1	0	0

### Signal-Zeit-Plan



### Aufgaben

Wie hängen die Signale L1 bis L4 von den Taktimpulsen ab?

**Der Signalzustand an einer Spule ist jeweils 2 Zeittakte lang.**

Wie hängen die Signale L1/L3 bzw. L2/L4 voneinander ab?

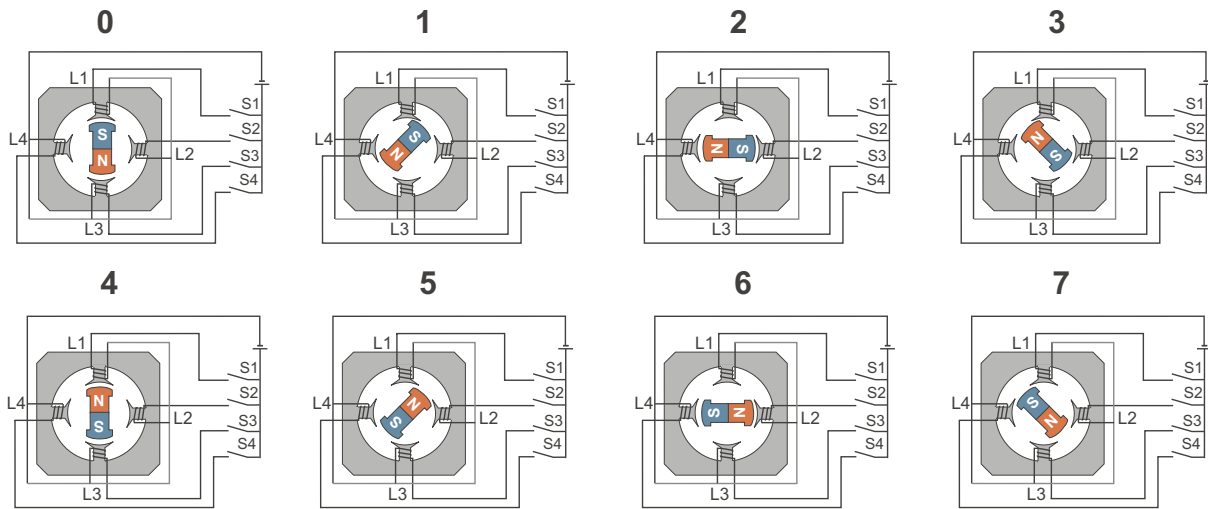
**L1 und L3 führen jeweils das entgegengesetzte Signal, ebenso L2 und L4**

Wie hängen die Signale L1 und L2 voneinander ab?

**Die Signale an L1 wechseln jeweils um einen Zeittakt vor denen an L2.**



## Halbschrittbetrieb



### Wertetabellen

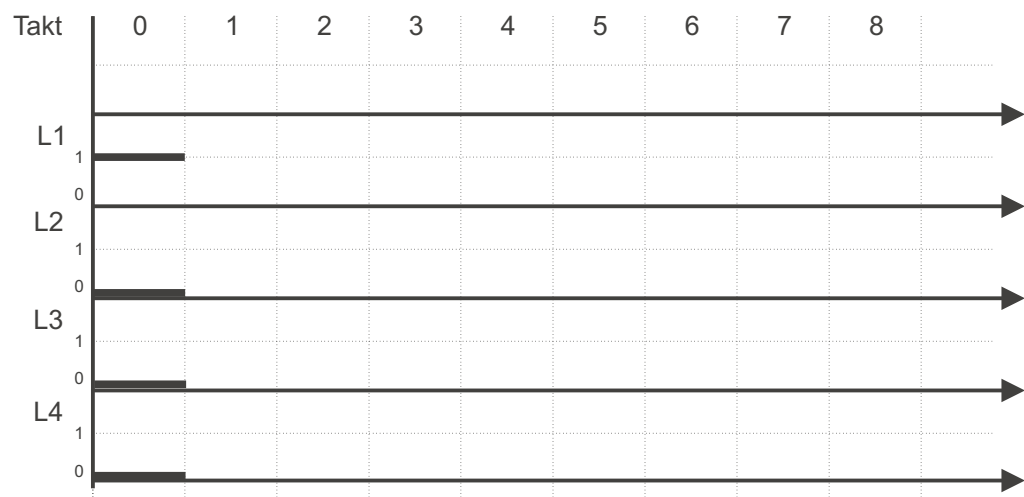
Rechtslauf

	L1	L2	L3	L4
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

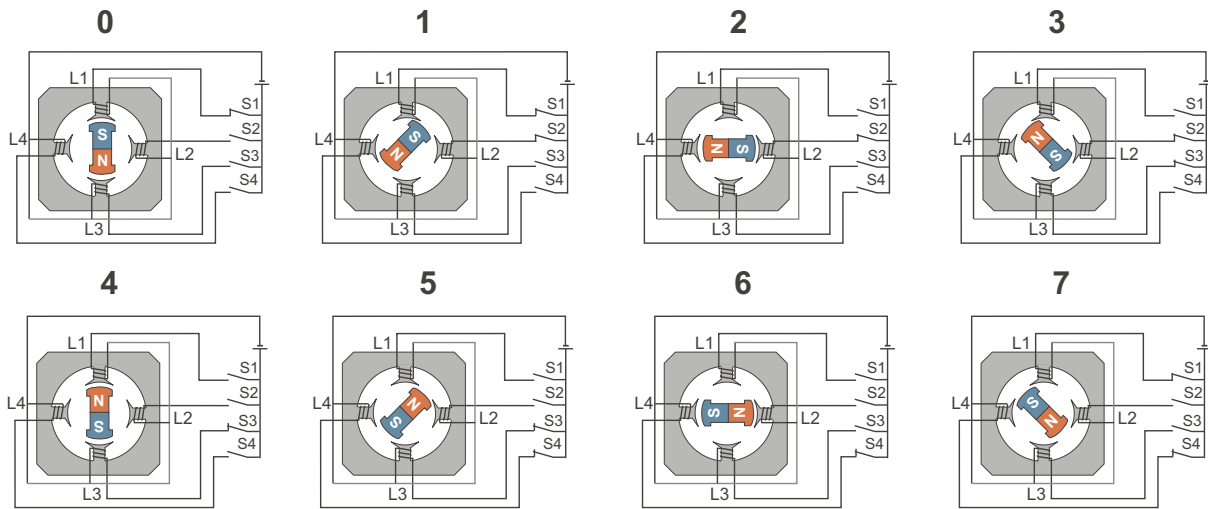
Linkslauf

	L1	L2	L3	L4
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

### Signal-Zeit-Plan



## Halbschrittbetrieb



### Wertetabellen

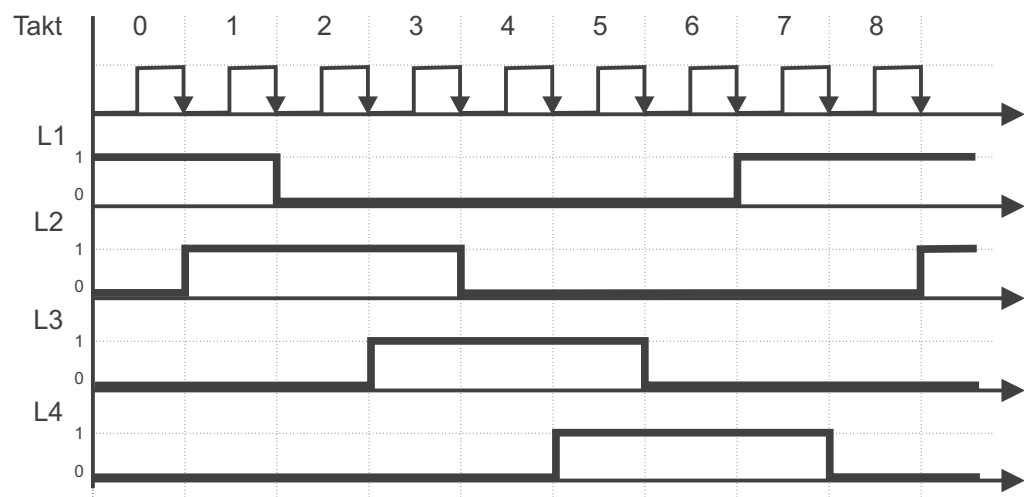
Rechtslauf

	L1	L2	L3	L4
0	1	0	0	0
1	1	1	0	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	0
5	0	0	1	1
6	0	0	0	1
7	1	0	0	1
8	1	0	0	0

Linkslauf

	L1	L2	L3	L4
0	1	0	0	0
1	1	0	0	1
2	0	0	0	1
3	0	0	1	1
4	0	0	1	0
5	0	1	1	0
6	0	1	0	0
7	1	1	0	0
8	1	0	0	0

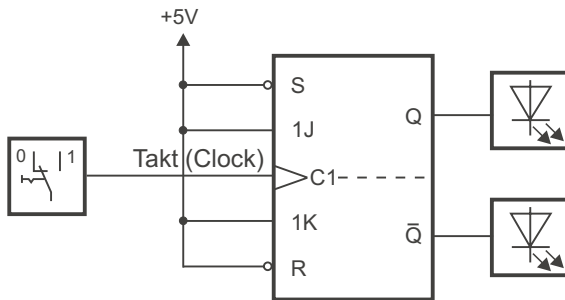
### Signal-Zeit-Plan





## JK-Flip-Flop Typ 7476 - Funktionsanalyse

### Schaltungsaufbau:



Tasteneingabe an Clock (C1)  
 Je eine LED-Anzeige an Q und  $\bar{Q}$   
 S, R, J, K mit + 5V verbinden

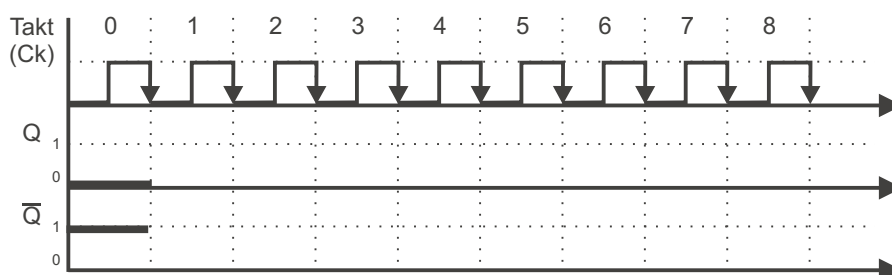
### Versuchsanweisungen:

Drücken Sie die Taste mehrfach hintereinander (nicht zu schnell) und beobachten Sie mit Hilfe der LED-Anzeigen, wie sich die Signalzustände der Ausgänge Q und  $\bar{Q}$  verhalten.

- Wann genau im Verlauf der Tastenbetätigung reagieren die Ausgänge?  
 \_\_\_\_\_
- Welche Länge haben die Ausgangssignale im Vergleich zu den Eingangsimpulsen?  
 \_\_\_\_\_
- Wie hängen die Signale an Q und  $\bar{Q}$  zusammen?  
 \_\_\_\_\_

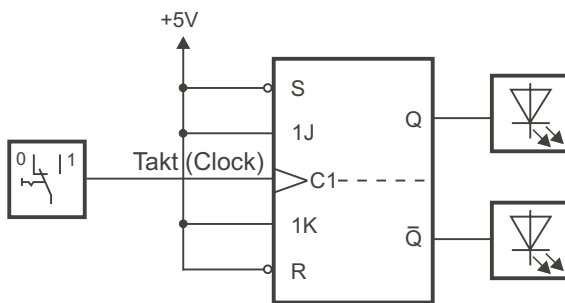
Füllen Sie den u.a. Signal-Zeit-Plan aus und vergleichen ihn mit dem des unipolaren Vollschrittbetriebs eines Schrittmotors.

Gehen Sie dabei von einem Anfangszustand 0 des Ausgangs Q aus.



## JK-Flip-Flop Typ 7476 - Funktionsanalyse

### Schaltungsaufbau:



Tasteneingabe an Clock (C1)  
 Je eine LED-Anzeige an Q und  $\bar{Q}$   
 S, R, J, K mit + 5V verbinden

### Versuchsanweisungen:

Drücken Sie die Taste mehrfach hintereinander (nicht zu schnell) und beobachten Sie mit Hilfe der LED-Anzeigen, wie sich die Signalzustände der Ausgänge Q und  $\bar{Q}$  verhalten.

- Wann genau im Verlauf der Tastenbetätigung reagieren die Ausgänge?  
**Die Flipflops reagieren beim Loslassen der Tasten.**  
**Sie reagieren auf die negative Flanke des Impulses an CK.**

---

- Welche Länge haben die Ausgangssignale im Vergleich zu den Eingangsimpulsen?  
**Die Ausgangsimpulse sind doppelt so lang wie der Eingangsimpuls.**

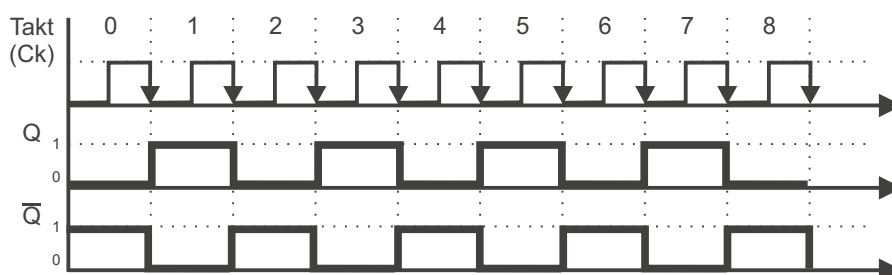
---

- Wie hängen die Signale an Q und  $\bar{Q}$  zusammen?  
**Q führt das umgekehrte Signal wie  $\bar{Q}$**

---

Füllen Sie den u.a. Signal-Zeit-Plan aus und vergleichen ihn mit dem des unipolaren Vollschrittbetriebs eines Schrittmotors:

Gehen Sie dabei von einem Anfangszustand 0 des Ausgangs Q aus.

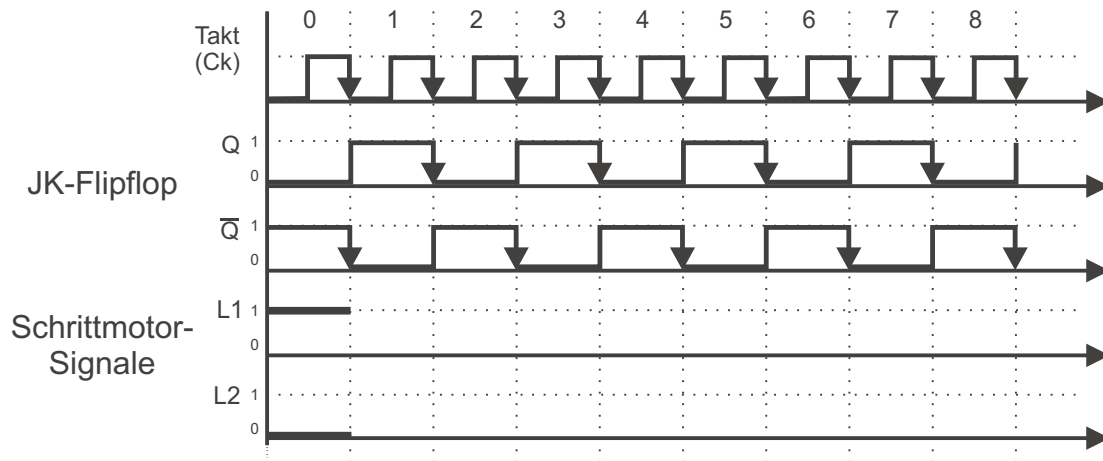




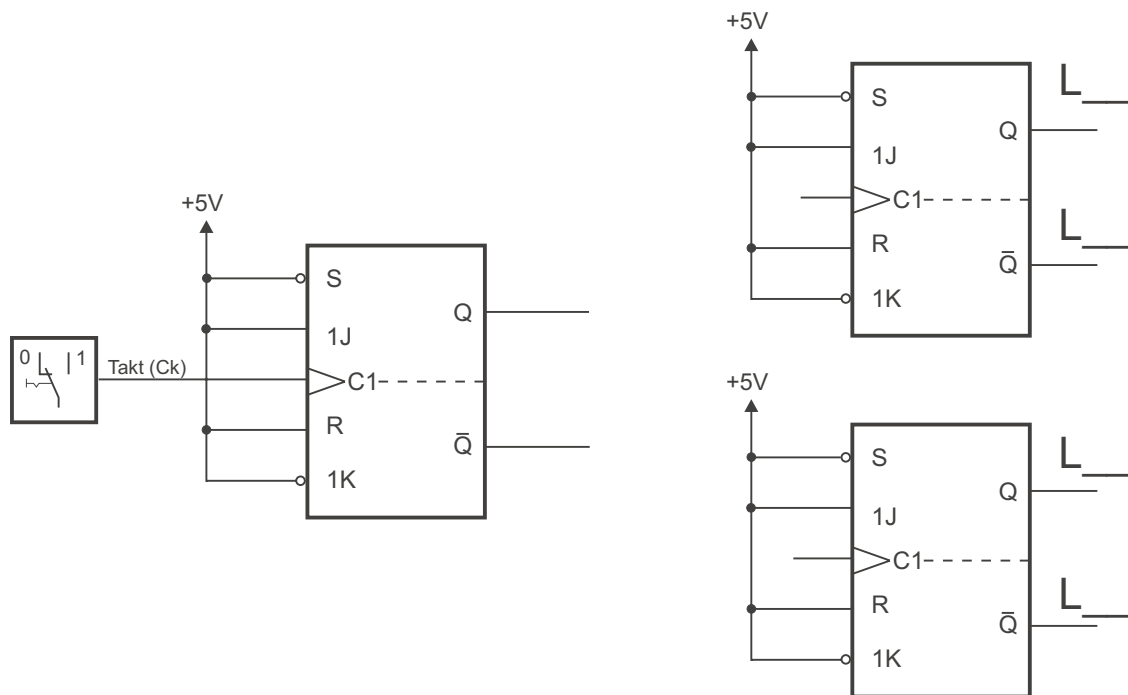
## Steuerschaltung mit JK-Flipflops

Tragen Sie die fehlenden Signale der Schrittmotoransteuerung für den Vollschrittbetrieb in den Signal-Zeit-Plan ein.

Warum sind übrigens L3 und L4 für diesen Schritt der Schaltungsentwicklung nicht von Bedeutung?



Ergänzen Sie den Schaltplan, um die Signalfolgen für den Vollschrittbetrieb zu erzeugen.

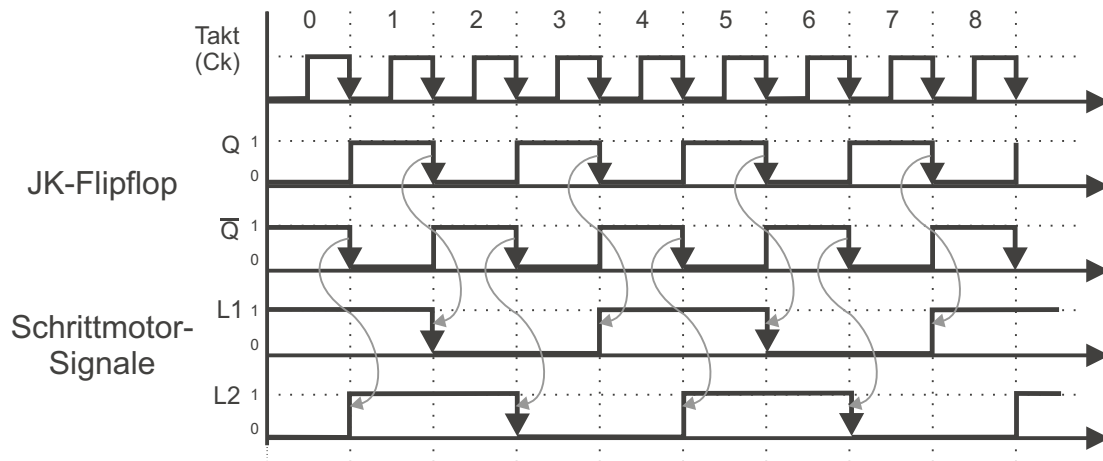




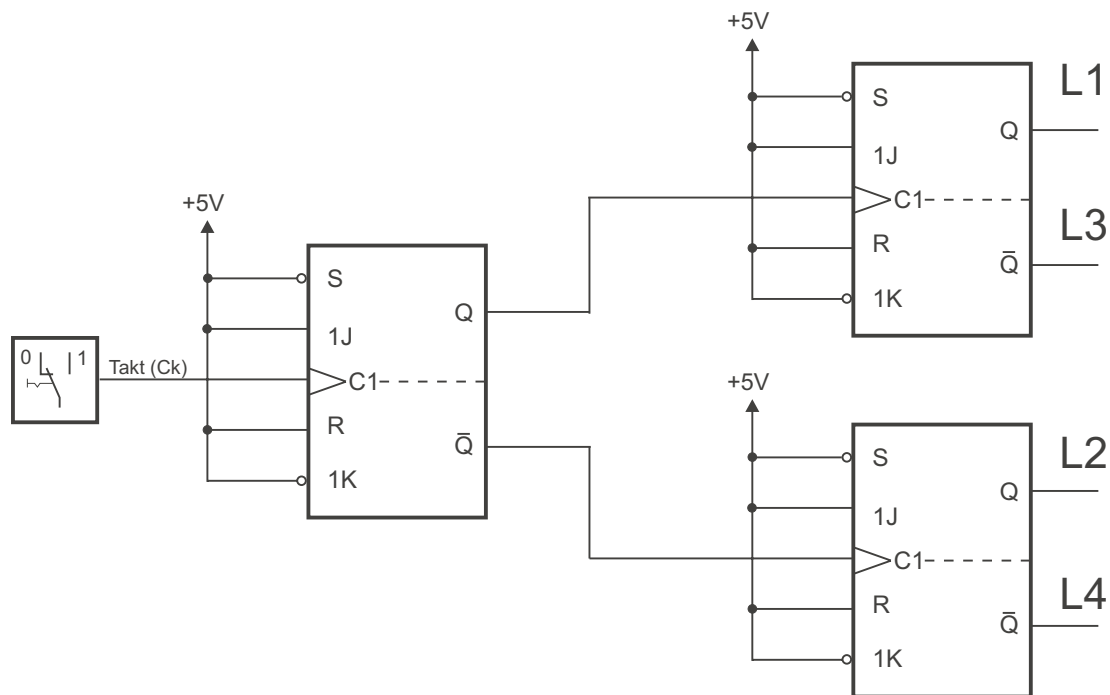
## Steuerschaltung mit JK-Flipflops

Tragen Sie die fehlenden Signale der Schrittmotoransteuerung für den Vollschrittbetrieb in den Signal-Zeit-Plan ein.

Warum sind übrigens L3 und L4 für diesen Schritt der Schaltungsentwicklung nicht von Bedeutung?  $L3 = \overline{L1}$  und  $L4 = \overline{L2}$



Ergänzen Sie den Schaltplan, um die Signalfolgen für den Vollschrittbetrieb zu erzeugen.



## Motortreiber Treiberbaustein 2803

Die Motorspulen L1 - L4 können nicht direkt an eine elektronische Schaltung oder die parallele Schnittstelle des Computers angeschlossen werden, da sie mit ihrem relativ geringen Widerstand einen zu hohen Stromfluss bewirken. Zudem reicht bei vielen Motortypen die für die Elektronik übliche Versorgungsspannung von 5V nicht aus.

Für den Einsatz bei unipolaren Schrittmotoren kann man auf den Treiberbaustein ULN2803 zurückgreifen.

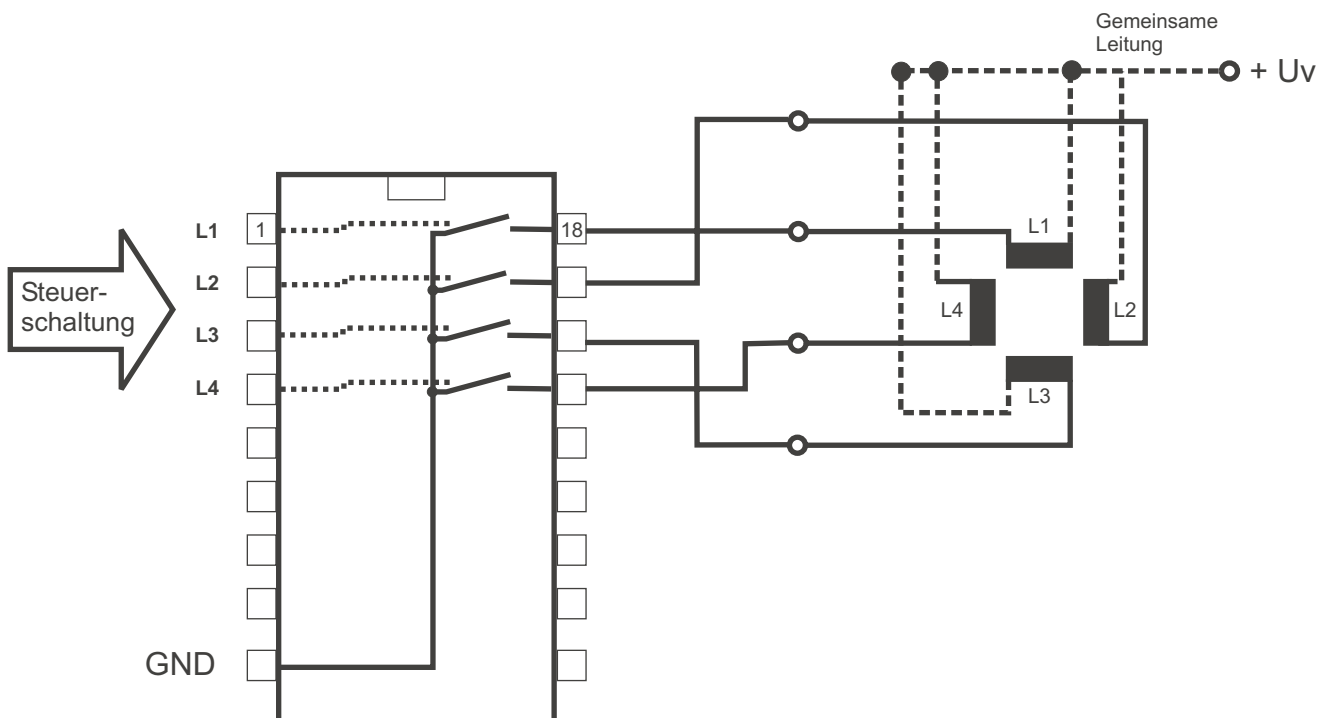
Im Prinzip beinhaltet dieser Baustein 8 elektronische Schalter, bei denen Steuereingang und Leistungsausgang jeweils gegenüber liegen. Bei einem 1-Signal an einem der Eingänge wird der gegenüberliegende Ausgang leitend mit GND (Minus-Pol der Spannungsquelle) verbunden.

Unten ist eine Beispielschaltung für einen Schrittmotor mit 5 Anschlussleitungen aufgeführt.

Bei einem Motor mit 6 Anschlussleitungen müssen entsprechend die beiden gemeinsamen Leitungen an den Plus-Pol der Spannungsquelle gelegt werden.

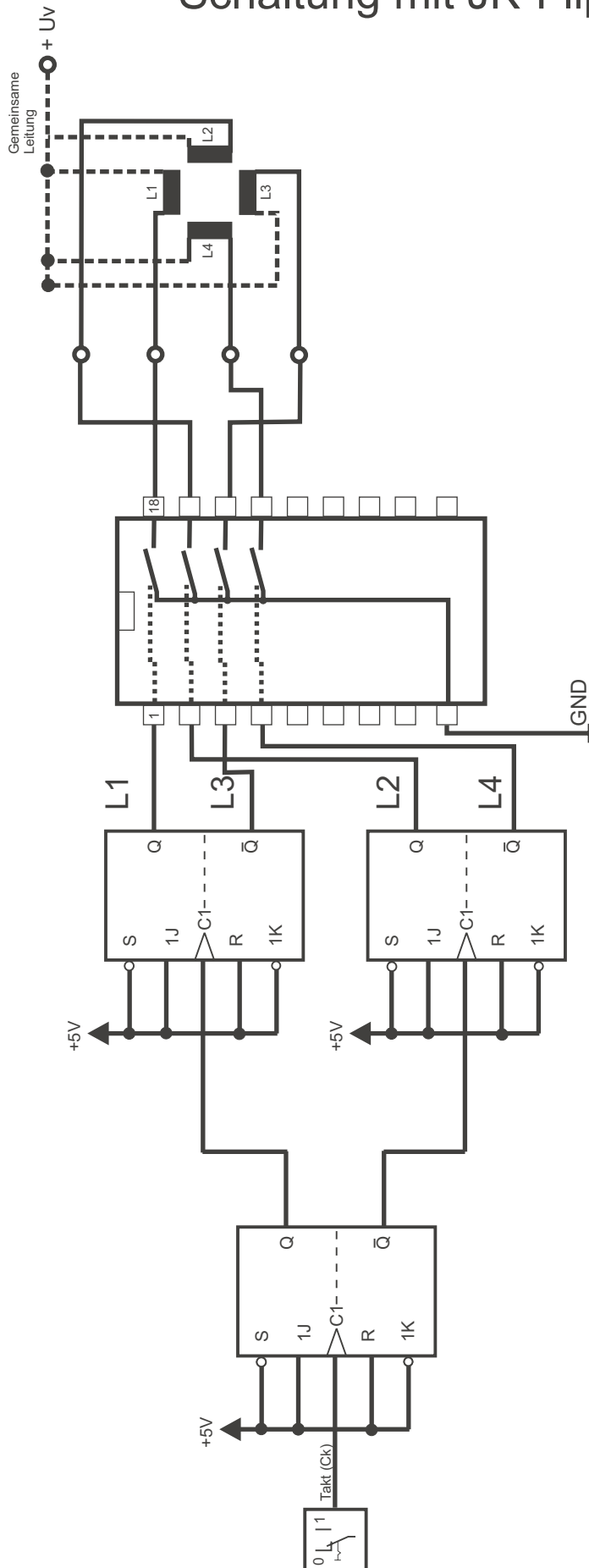
Die Eingänge werden mit den entsprechenden Ausgängen der Steuerschaltung oder des Computers verbunden.

Bei einem 1-Signal an diesen Eingängen wird ein Stromfluss vom Plus-Pol durch die angesteuerte Spule zum Minus-Pol möglich.



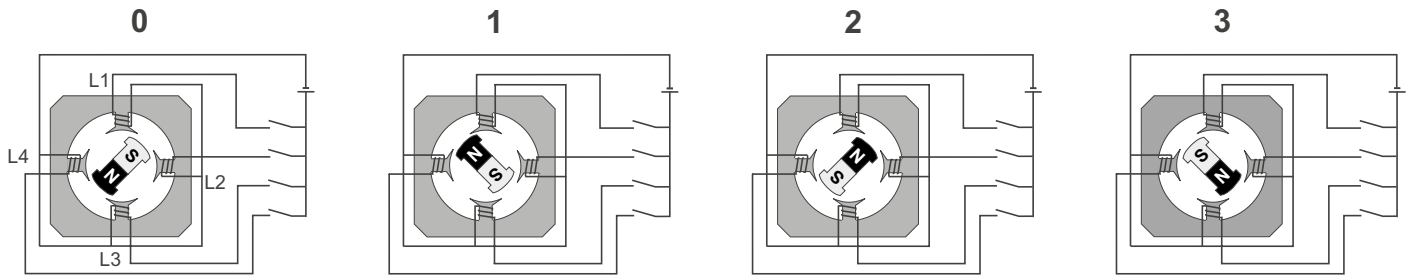


## Schaltung mit JK-Flipflops



## Schaltung mit Digital-Zähler

### Vollschrittbetrieb



### Wertetabelle

Dezimal	Binär		L1	L2	L3	L4
	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				
0						
1						
2						
3						
4						

Die Schrittmotorsteuerung für den unipolaren Halbschrittbetrieb soll mit Hilfe eines Binärzählers erfolgen.

Füllen Sie die Wertetabelle entsprechend der o.a. Schrittfolge aus.

Wie hängen die Signale L1-L4 zusammen?

---

Welche Abhängigkeiten besteht zwischen L4 und Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>?

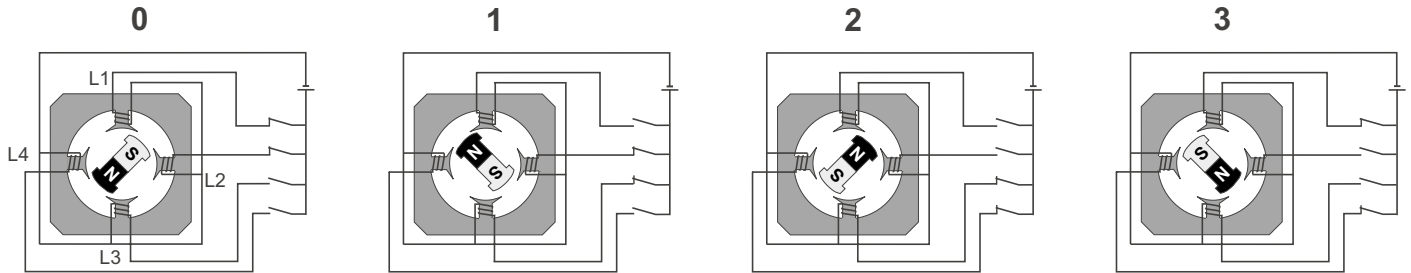
---

Welche Abhängigkeiten besteht zwischen L3 und Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>?

---

## Schaltung mit Digital-Zähler

### Vollschrittbetrieb



### Wertetabelle

Dezimal	Binär		L1	L2	L3	L4
	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				
0	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0
2	1	0	0	0	1	1
3	1	1	1	0	0	1
4	0	0	1	1	0	0

Die Schrittmotorsteuerung für den unipolaren Halbschrittbetrieb soll mit Hilfe eines Binärzählers erfolgen.

Füllen Sie die Wertetabelle entsprechend der o.a. Schrittfolge aus.

Wie hängen die Signale L1-L4 zusammen?

$$L1 = \overline{L3} \qquad L2 = \overline{L4}$$

Welche Abhängigkeiten besteht zwischen L4 und Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>?

$$L4 = Q_B$$

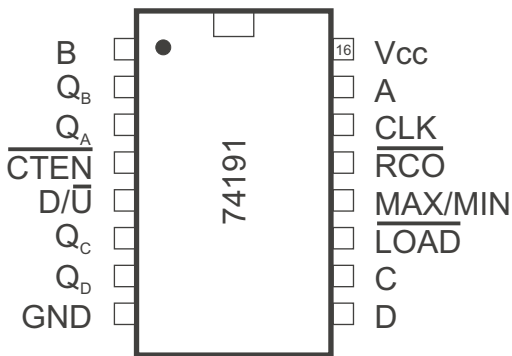
Welche Abhängigkeiten besteht zwischen L3 und Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>?

$$L3 = (Q_A \wedge \overline{Q_B}) \vee (\overline{Q_A} \wedge Q_B)$$

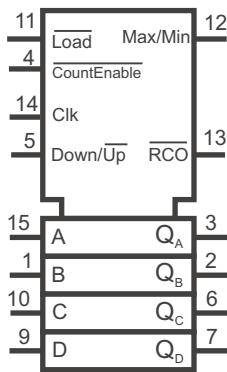


## Daten zu den IC 74193 und 7486

### IC 74193 4-BIT Vorwärts/Rückwärtszähler



Vcc:	+ 5V
GND	0V
A...D	Eingänge
$\overline{\text{LOAD}}$	Schreiben der Eingänge an die Ausgänge
$\overline{\text{RCO}}$	Ausgänge
$\overline{\text{RCO}}$	Ripple Clock (Übertrag)
CTEN	Count Enable
CLK	Clock - Takteingang
$\overline{\text{D/U}}$	Down/Up



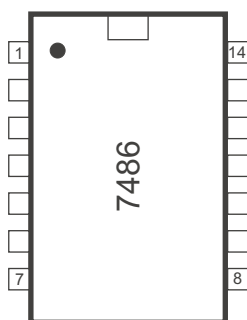
Zum Zählen muss  $\overline{\text{CTEN}}$  auf 0-Signal und  $\overline{\text{LOAD}}$  auf 1-Signal liegen.

0-Signal an  $\overline{\text{D/U}}$ : Zähler zählt aufwärts

1-Signal an  $\overline{\text{D/U}}$ : Zähler zählt abwärts

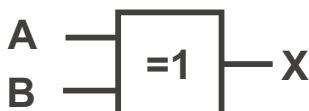
Positive Flanke (0/1-Wechsel) an CLK: Zähler zählt

### IC 7486 Exklusiv-ODER



#### 4 x Exklusiv-Oder - Beschaltung

14	Vcc:	5V	
7	GND	0V	
1-2	Eingänge	→	3 Ausgang
4-5	Eingänge	→	6 Ausgang
9-10	Eingänge	→	8 Ausgang
12-13	Eingänge	→	11 Ausgang

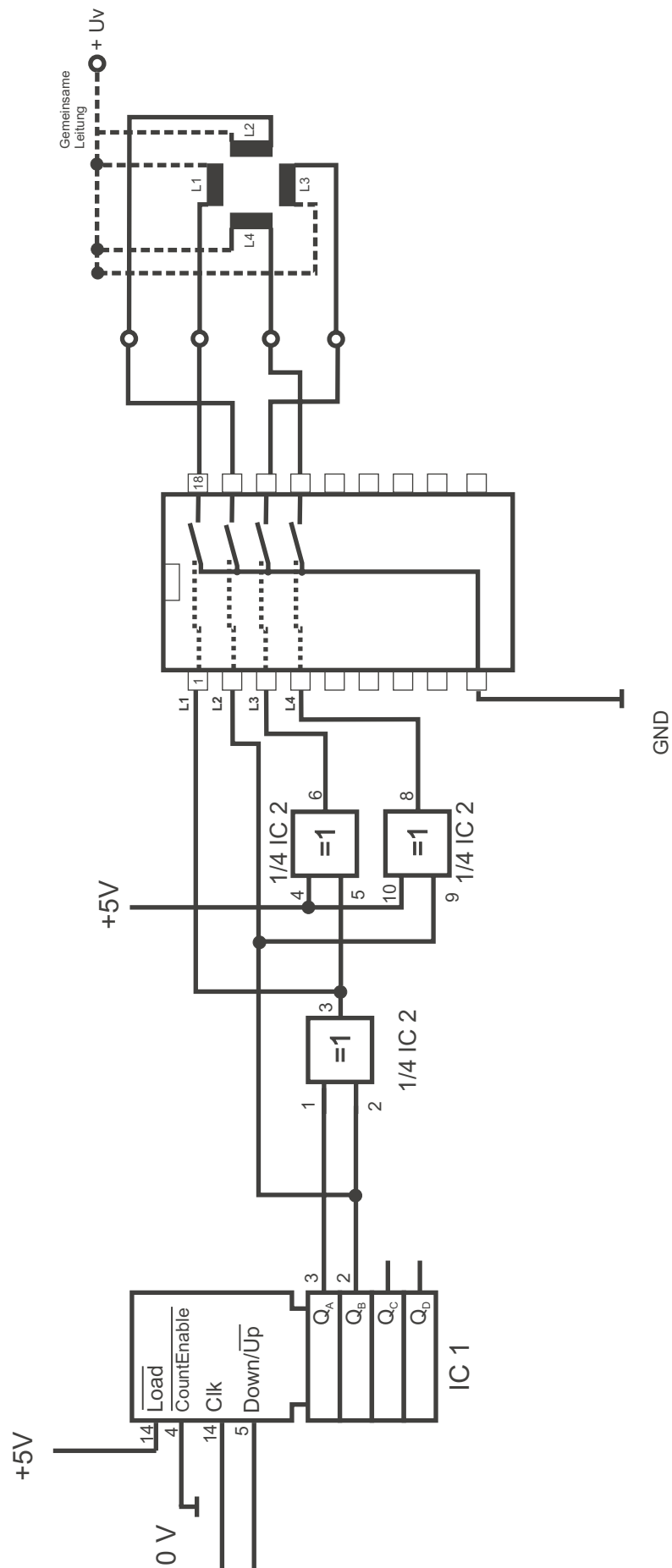


A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

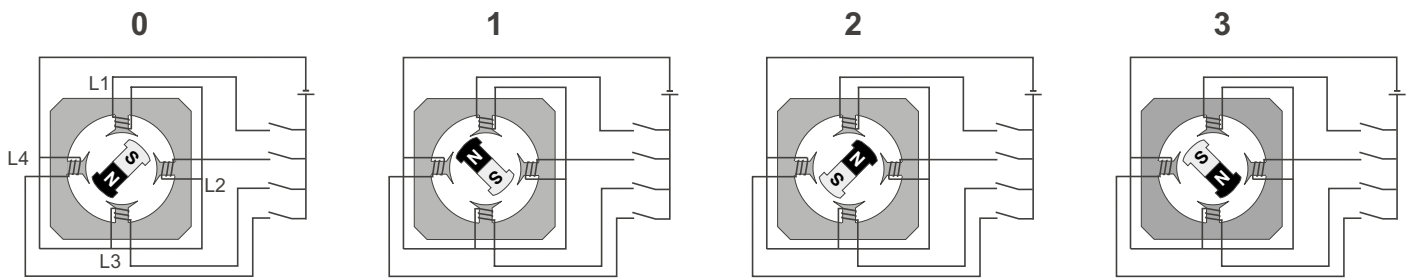
$$X = (\overline{A} \wedge B) \vee (A \wedge \overline{B})$$



## Schaltung mit Vorwärts/Rückwärtszähler



## Ansteuerung über die parallele Computerschnittstelle



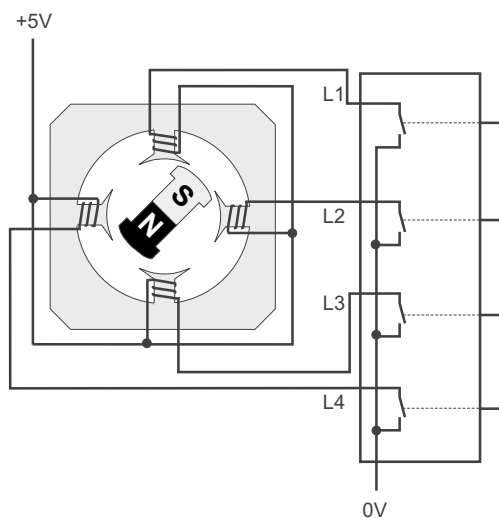
### Wertetabellen

Rechtslauf

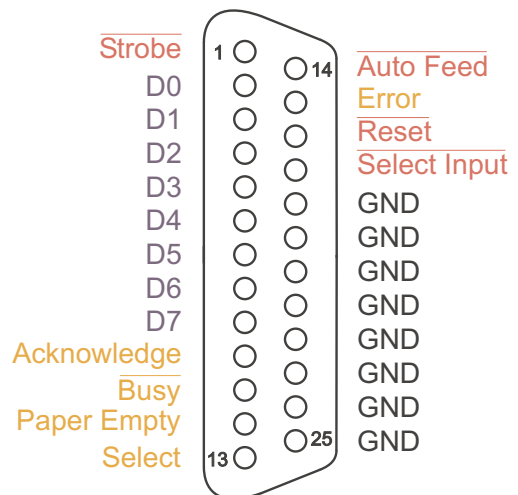
	L1	L2	L3	L4	Dezimal
0					
1					
2					
3					
4					
Port					

Linkslauf

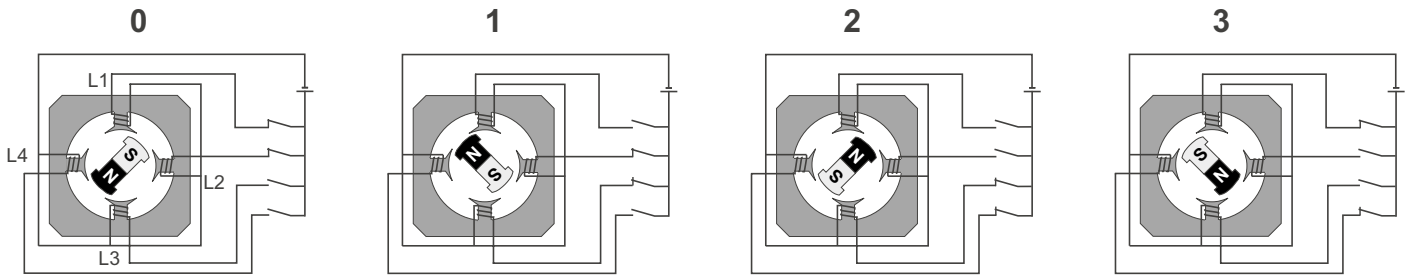
	L1	L2	L3	L4	Dezimal
0					
1					
2					
3					
4					
Port					



**Elektronischer Schalter**  
1-Signal schließt  
0-Signal öffnet



## Ansteuerung über die parallele Computerschnittstelle



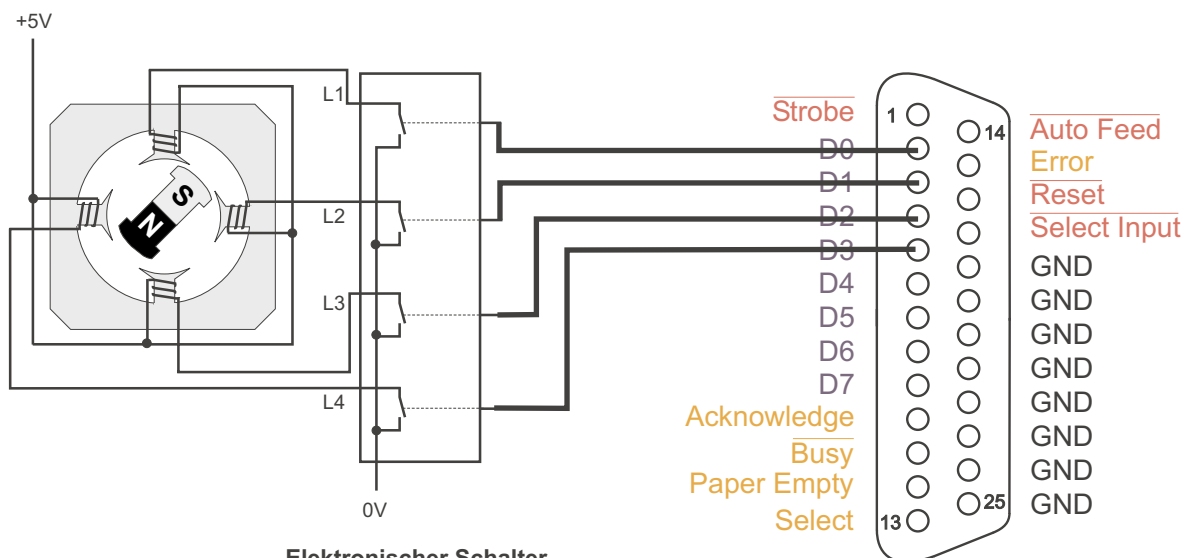
### Wertetabellen

Rechtslauf

	L1	L2	L3	L4	Dezimal
0	1	1	0	0	3
1	0	1	1	0	6
2	0	0	1	1	12
3	1	0	0	1	9
4	1	1	0	0	3
Port	D0	D1	D2	D3	

Linkslauf

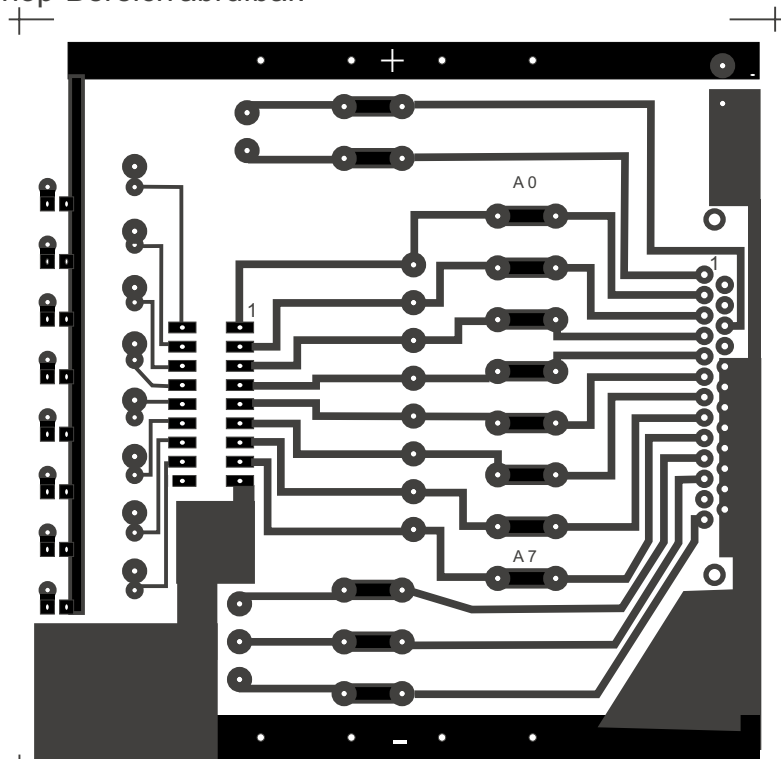
	L1	L2	L3	L4	Dezimal
0	1	1	0	0	3
1	1	0	0	1	9
2	0	0	1	1	12
3	0	1	1	0	6
4	1	1	0	0	3
Port	D0	D1	D2	D3	



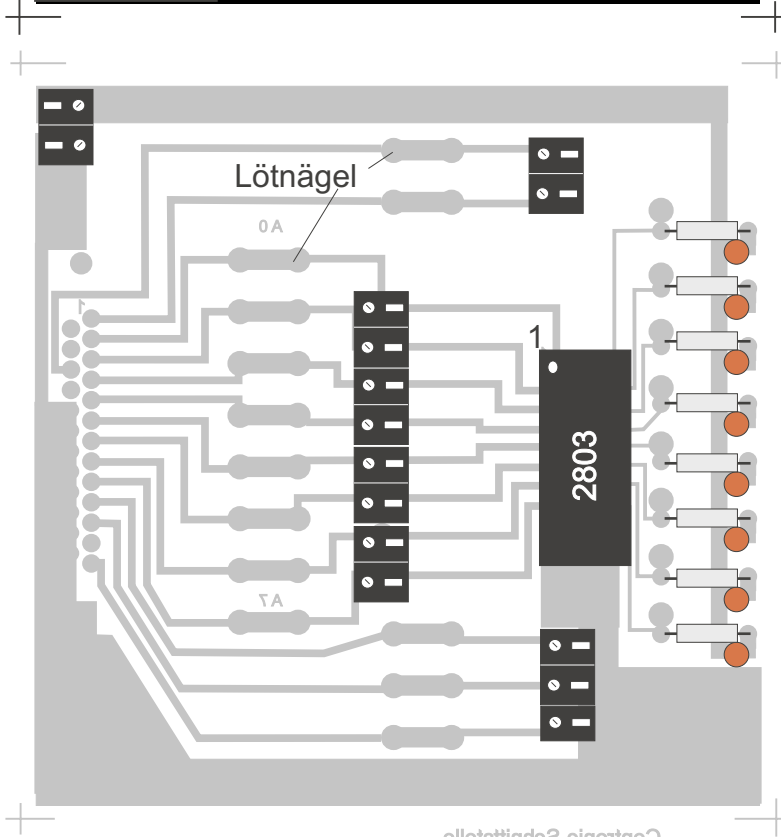
**Elektronischer Schalter**  
 1-Signal schließt  
 0-Signal öffnet  
 z.B. IC ULN2803

## Centronics-Schnittstelle Platinenlayout mit Treiber ULN2803

Optimierte Version mit genauer Anleitung und Beispielprogrammen bald unter [www.tuf-ev.de](http://www.tuf-ev.de) im Workshop-Bereich abrufbar.



Lötseite



Bestückungsseite

- 8 LED
- 8 Widerstände 220  
(evtl. auf Lötseite anbringen)
- 1 Anreihklemme 3pol 5mm Raster
- 6 Anreihklemmen 3pol 5mm Raster
- 34 Lötnägel 1,3 mm
- 1 Sub-D Leiste 25 pol. Stifte

### Hinweise und Haftungsausschluss:

An die Ausgänge hinter(!) dem 2803 können trotz der parallel angebrachten LED direkt die Spulen eines Schrittmotors angeschlossen werden. Betriebsspannung 5V ist getestet, höhere sollten auch möglich sein. Bisher sind keine Computerschäden aufgetreten, die Benutzung geschieht dennoch auf eigene Gefahr!