

Weitere Informationen zum Titel

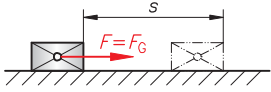
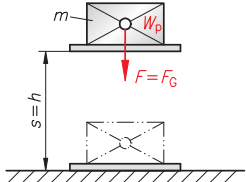
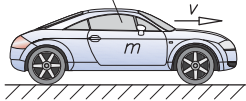
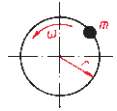
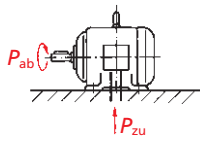
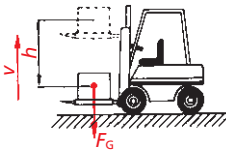
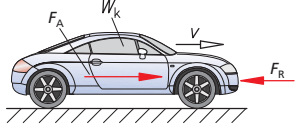
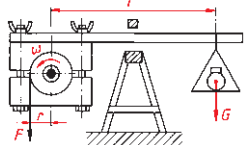
↑ 1-9

Geometrische Darstellung komplexer Zahlen

Komplexe Zahlen lassen sich durch Punkte in einer Zahlenebene wiedergeben. Die Zahl $z = a + ib = 4 + i3 = 5 / 0,6435$ wird durch den Punkt mit der Abszisse $a = 4$ und der Ordinate $ib = i3$, beziehungsweise durch den Zeiger mit dem Betrag $z = 5$ und dem Winkel $\uparrow \varphi = 0,6435$ (entspricht $36,87^\circ$), dargestellt (siehe Abb.). Die konjugiert komplexe Zahl $z^* = a - ib = 4 - i3 = 5 / -0,6435$ entspricht dem Punkt $(4, -i3)$ bzw. $z = 5$ und $\varphi = -0,6435$.

Vorzeichen der Komponenten				
Quadrant	I	II	III	IV
Re z	positiv	negativ	negativ	positiv
Im z	positiv	positiv	negativ	negativ

Rechenverfahren mit komplexen Zahlen		
Addition	Sowohl die Realteile als auch die Imaginärteile werden addiert.	$z = z_1 + z_2 = (a + ib) + (c + id)$ $z = (a + c) + i(b + d)$
	Die Summe konjugiert komplexer Zahlen ist reell.	$z = z_1 + z_1^* = (a + ib) + (a - ib)$ $z = 2a$
Subtraktion	Sowohl die Realteile als auch die Imaginärteile werden subtrahiert.	$z = z_1 - z_2 = (a + ib) - (c + id)$ $z = (a - c) + i(b - d)$
	Die Differenz konjugiert komplexer Zahlen ist rein imaginär.	$z = z_1 - z_1^* = (a + ib) - (a - ib)$ $z = i2b$
Multiplikation	Die Multiplikation komplexer Zahlen besteht aus der Multiplikation mit ihren Gliedern.	$z = z_1 \cdot z_2 = (a + ib) \cdot (c + id)$ $z = (ac - bd) + i(bc + ad)$
	Die Beträge werden multipliziert und die Argumente werden addiert.	$z = z_1 \cdot z_2 = z_1 \cdot e^{i\varphi_1} \cdot z_2 \cdot e^{i\varphi_2}$ $z = z_1 \cdot z_2 \cdot e^{i(\varphi_1 + \varphi_2)}$
	Das Produkt konjugiert komplexer Zahlen ist reell.	$z = z_1 \cdot z_1^* = (a + ib) \cdot (a - ib)$ $z = a^2 + b^2$
Division	Durch Erweitern mit der konjugiert komplexen Zahl wird der Divisor reell, dann wird wie üblich dividiert.	$z = \frac{z_1}{z_2} = \frac{(a+ib)}{(c+id)} = \frac{(a+ib)(c-id)}{(c+id)(c-id)}$ $z = \frac{ac+bd}{c^2+d^2} + i \frac{bc-ad}{c^2+d^2}$
	Die Beträge werden dividiert und die Argumente werden subtrahiert.	$z = \frac{z_1}{z_2} = \frac{z_1 \cdot e^{i\varphi_1}}{z_2 \cdot e^{i\varphi_2}} = \frac{z_1}{z_2} \cdot e^{i(\varphi_1 - \varphi_2)}$
Potenzieren	Der Betrag wird in die n -te Potenz erhoben und das Argument wird mit n multipliziert.	$z^n = (z \cdot e^{i\varphi})^n = z^n \cdot e^{in\varphi}$ $z^n = z^n \angle n\varphi$
Radizieren (Wurzelziehen)	Aus dem Betrag wird die Wurzel gezogen und das Argument wird durch den Wurzelexponenten dividiert.	$\sqrt[n]{z} = \sqrt[n]{z \cdot e^{i\varphi}} = \sqrt[n]{z} \cdot e^{i\frac{\varphi}{n}} = \sqrt[n]{z} \angle \frac{\varphi}{n}$
Logarithmieren	Betrag und Argument logarithmieren; Summe ist komplexe Zahl (Komponentenform).	$\ln z = \ln (z \cdot e^{i\varphi}) = \ln (z) + \ln (e^{i\varphi})$ $\ln z = \ln (z) + i\varphi$

2.3.7 Arbeit, Energie, Wirkungsgrad, Leistung		
Arbeit 	$W = F \cdot s$ $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$	W Arbeit in Nm F Kraft in N s Weg in m
Potenzielle Energie 	$W_p = F_G \cdot h$ $W_p = m \cdot g \cdot h$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	W_p potenzielle Energie in Nm F_G Gewichtskraft in N h Hubhöhe in m g Fallbeschleunigung in m/s^2 m Masse in kg
Kinetische Energie 	$W_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$	W_k kinetische Energie in Nm m Masse in kg v Geschwindigkeit in m/s
Rotationsenergie 	$W_k = W_{\text{rot}} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$	W_k kinetische Energie in Nm W_{rot} Rotationsenergie in Nm J Trägheitsmoment in kg m^2 ω Winkelgeschwindigkeit in $1/\text{s}$
Wirkungsgrad 	Einzelmaschine: $\eta = \frac{W_{\text{ab}}}{W_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}}$ Zusammenschaltung zweier Maschinen: $\eta_{\text{ges}} = \eta_1 \cdot \eta_2$	η Wirkungsgrad η_1, η_2 Einzelwirkungsgrade η_{ges} Gesamtwirkungsgrad W_{ab} abgegebene Arbeit in Nm W_{zu} zugeführte Arbeit in Nm P_{ab} abgegebene Leistung in Nm/s P_{zu} zugeführte Leistung in Nm/s
Hubleistung 	$P = F_G \cdot v$ $P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$	P Leistung in Nm/s oder W F_G Gewichtskraft in N m Masse in kg g Fallbeschleunigung in m/s^2 h Hubhöhe in m v Hubgeschwindigkeit in m/s t Zeit in s
Antriebsleistung 	$P = \frac{W}{t} = F_A \cdot v$ Bei $v = \text{konstant}$: $F_A = F_R$	P Leistung in Nm/s oder W F_A Antriebskraft in N F_R Reibungskraft in N v Geschwindigkeit in m/s t Zeit in s
Leistung bei Rotationsbewegung 	$P = M \cdot \omega$ $P = F \cdot r \cdot \omega$ $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$	P Leistung in Nm/s oder W M Drehmoment in Nm F Kraft im Abstand r in N r Wellenradius in m ω Winkelgeschwindigkeit in $1/\text{s}$ n Drehfrequenz (Drehzahl) in $1/\text{s}$

4.2.5 Festverdrahtete Logik (Fortsetzung)

7-30 ↑
13-24 ↑

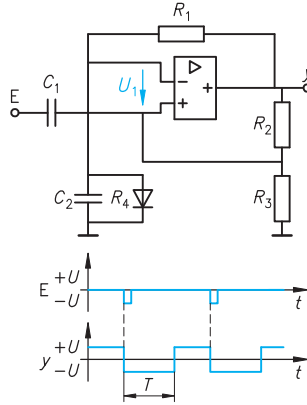
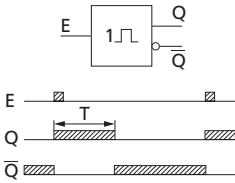
Monostabiles Kippglied

Symbol und Diagramm

Funktionsprinzip und Diagramm

Erläuterung Anwendung

Monostabile Kippschaltung (Monoflop)



Im stabilen Zustand ist die Ausgangsspannung U_y positiv. Ein negativer Impuls am Eingang E schaltet U_y negativ. C_2 lädt sich über R_1 negativ auf, bis $|U_{C2}| > |U_{R3}|$ ist. Dann wechselt U_1 die Richtung, und U_y wird wieder positiv.

$$T = R_1 \cdot C_2 \cdot \ln(1 + R_3/R_2)$$

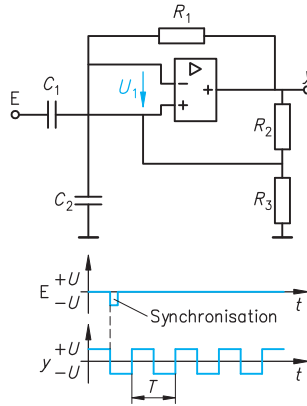
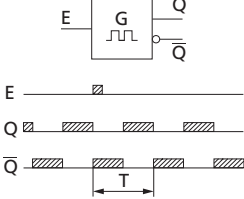
Einzelimpulsgeber, Impulsformer, Zeitgeber, Verzögerungsschaltung

4

7-30 ↑
13-24 ↑

Astabiles Kippglied

Astabile Kippschaltung (Multivibrator)



U_y lädt über R_1 den Kondensator C_2 auf, bis U_1 und U_y die Richtung wechseln (Mitkopplung). Dann wird C_2 über R_1 umgeladen, bis U_1 wieder die Richtung wechselt. Ein negativer Impuls am Eingang E synchronisiert die Kippstufe.

$$T = 2 \cdot R_1 \cdot C_2 \cdot \ln(1 + (2R_3)/R_2)$$

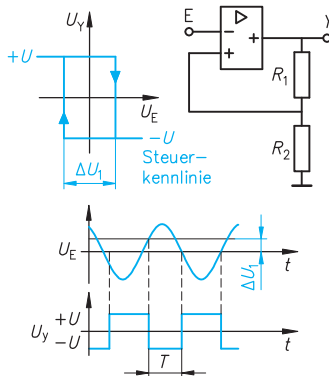
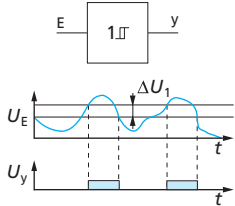
$$f_0 = 1/T$$

Synchronisierbarer Rechteckgenerator, Impulsgeber, Taktgeber

7-30 ↑
13-24 ↑

Schwellwertschalter

Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger)



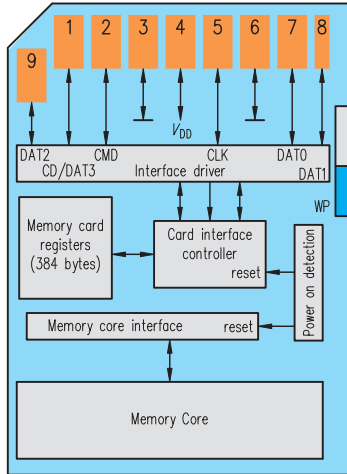
Bei Ansteuerung mit $+U_E$ kippt die Ausgangsspannung auf $\approx -U$. Wird U_E negativ, kippt die Ausgangsspannung auf $\approx +U$. In der Beispielschaltung wird das Eingangssignal invertiert.

$$\Delta U_1 \approx [(+U) - (-U)] \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

Impulsformer, Flankenverbesserung, Konditionierung von Analogsignalen

4.2.7 Flash-Speicher (SD-Karten)

SD-Karten, Hardware

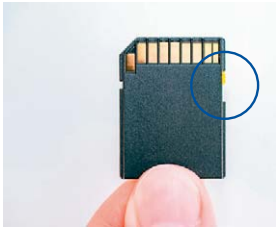


SD-Karten sind Flashspeicher in Karten-Format mit 9 bis 10 Anschlüssen. Ein interner Card-Interface-Controller vermittelt die Daten über einen seriellen Bus (SD-Bus oder SPI-Bus) an die Außenwelt. Aufgrund der Flashspeichertechnik ist die Lebensdauer auf 100 000 ... 1 000 000 Schreibzyklen begrenzt. Lesezugriffe sind unbegrenzt möglich.

- Anwendungsbeispiele:
- als mobile Speichermedien (ähnlich USB-Sticks)
 - in Mobiltelefonen für die Speicherung persönlicher Daten
 - in elektronischen Baugruppen (ROM, Datenlogger, FPGA-Konfigurationsspeicher, etc.)

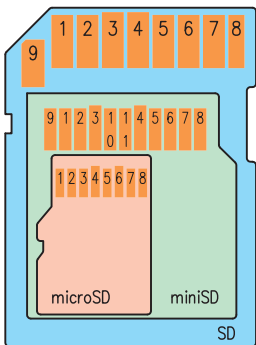
Abmessungen:
 SD-Karte 32,0 × 24,0 × 2,1 mm
 miniSD-Karte 20,0 × 21,5 × 1,4 mm
 microSD-Karte 11,0 × 15,0 × 1,0 mm

Kapazitäten:
 SD (Standard) 8 Mbyte ... 2 GByte
 SDHC 4 GByte ... 32 GByte
 SDXC 48 GByte ... 2 TByte



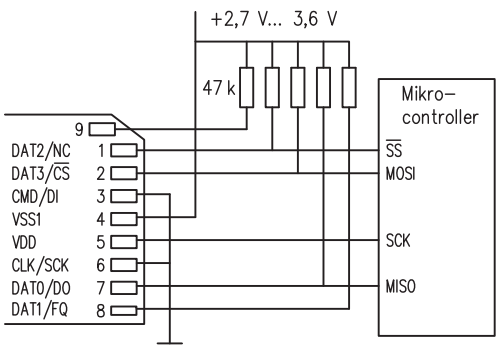
Einige SD-Karten besitzen seitlich einen Kunststoffschieber, mit dem ein Schreibschutz realisiert werden kann. Der Schieber ist rein mechanisch, er hat keine elektrische Funktion. In einem passenden Sockel kann seine Stellung aber ausgewertet werden.

Anschlussbelegung, SPI-Modus



SD-Karte und miniSD-Karte			microSD-Karte		
Pin	Name	Beschreibung	Pin	Name	Beschreibung
1	CD/DAT3	Chip Select	1	DAT2	nicht verwendet
2	DataIn	SPI-MOSI	2	CD/DAT3	Chip Select
3	GND/VSS	Masse	3	DataIn	SPI-MOSI
4	VDD	+2,7 ... 3,6 V	4	VDD	+2,7 ... 3,6 V
5	CLK	SPI-Takt	5	CLK	SPI-Takt
6	GND/VSS	Masse	6	GND/VSS	Masse
7	DAT0	SPI-MISO	7	DAT0	SPI-MISO
8	DAT1	nicht verwendet	8	DAT1	nicht verwendet
9	DAT2	nicht verwendet			
10	NC	Reserve			
11	NC	Reserve			

Einbinden in den SPI-Bus



In industriellen Anwendungen geschieht die Ansteuerung der SD-Karten über den SPI-Bus im Modus 0 (Lese- und Schreibvorgänge bei steigender Flanke des Taktsignals). Die einzelnen Leitungen werden über Pull-Up-Widerstände mit Betriebsspannung versorgt. Das Anlegen der Betriebsspannung löst in der SD-Karte einen Reset aus. Erst wenn dieser nach ca. 1 ms abgearbeitet ist, kann die SD-Karte verwendet werden.

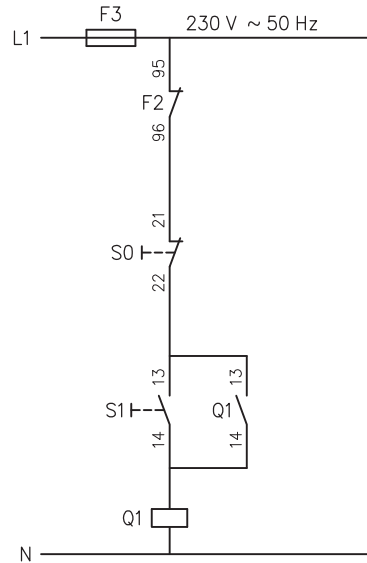
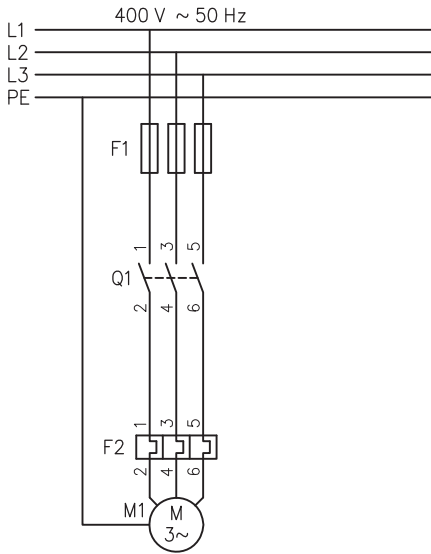
6.1 Übersicht		Seite
	6.2 Kennzeichnung von Bauelementen	6-2
	6.3 Widerstände 6.3.1 Festwiderstände 6.3.2 Variable Widerstände	6-4 6-4 6-6
	6.4 Überspannungsableiter 6.4.1 Überspannungsschutzmodule für den Mittelschutz 6.4.2 Überspannungsableiter für den Feinschutz	6-10 6-10 6-10
	6.5 Festinduktivitäten 6.5.1 Kennzeichnung bei Induktivitäten 6.5.2 Induktivitäten für allgemeine Anwendungen 6.5.3 Speicherdrosseln	6-11 6-11 6-11 6-11
	6.6 Kondensatoren 6.6.1 Nennwerte von Kondensatoren 6.6.2 Motorkondensatoren 6.6.3 Geräte Kondensatoren 6.6.4 Elektrolytkondensatoren 6.6.5 Rechteckige SMD-Kondensatoren	6-12 6-12 6-14 6-14 6-14 6-15
	6.7 Kleintransformatoren 6.7.1 Berechnung eines Netztransformators 6.7.2 Transformator kern 6.7.3 Spulenkörper	6-16 6-16 6-17 6-19
	6.8 Feinsicherungen 6.8.1 Reversible Bauart 6.8.2 Irreversible Bauart	6-20 6-20 6-21
	6.9 Galvanische Elemente 6.9.1 Gängige Baugrößen 6.9.2 Primärelemente (Batterien) 6.9.3 Sekundärelemente (Akkumulatoren)	6-22 6-22 6-23 6-25
	6.10 Relais	6-30
	6.11 Gedruckte Schaltungen 6.11.1 Gestaltung und Anwendung von Leiterplatten 6.11.2 Elektrische Eigenschaften von Leiterplatten	6-32 6-32 6-33
	6.12 Gehäuse und Baugruppenträger	6-34

6-30 ↑

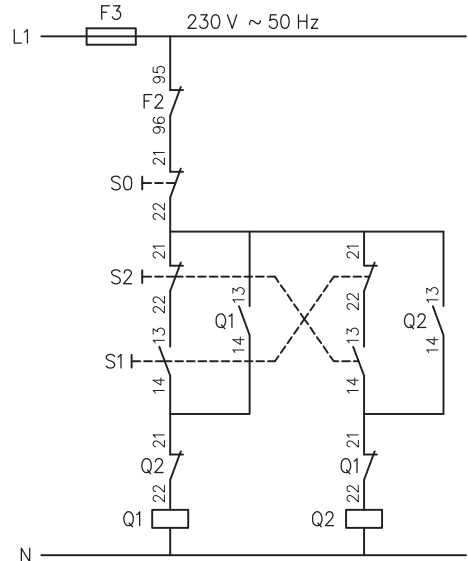
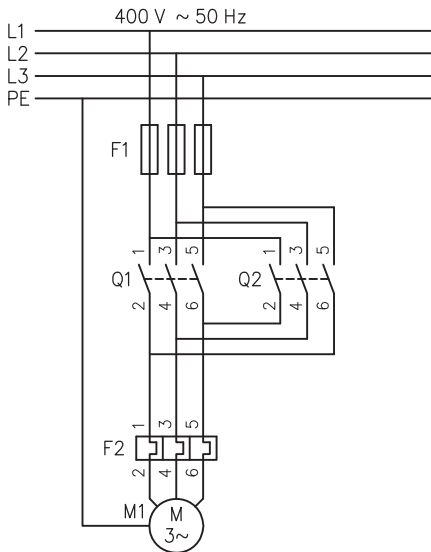
9.2.7 Steuerung mit Schützen

11-25 ↑

Direktes Schalten eines Drehstrommotors



Motorsteuerung mit Drehrichtungswahl nach Betätigung des S0-Tasters



Durch Betätigen des Tasters S1 wird die Spule vom Schütz Q1 erregt. Schütz Q1 schaltet den Motor im Rechtslauf ein und hält sich nach Freigabe des Tasters S1 über seinen Hilfschalter Q1/13–14 und Taster S0 an Spannung. Der Öffner Q1/21–22 sperrt elektrisch die Einschaltung von Schütz Q2. Zur Umschaltung von Rechtslauf auf Linkslauf (oder von Linkslauf auf Rechtslauf) muss zunächst der Taster S0 betätigt werden. Dadurch werden die Öffner 21–22 der Schütze geschlossen. Bei Betätigung von S2 kann nun die Einschaltung von Schütz Q2 für den Motorlinkslauf erfolgen.

9.2.13 Industrie 4.0, Leitseite



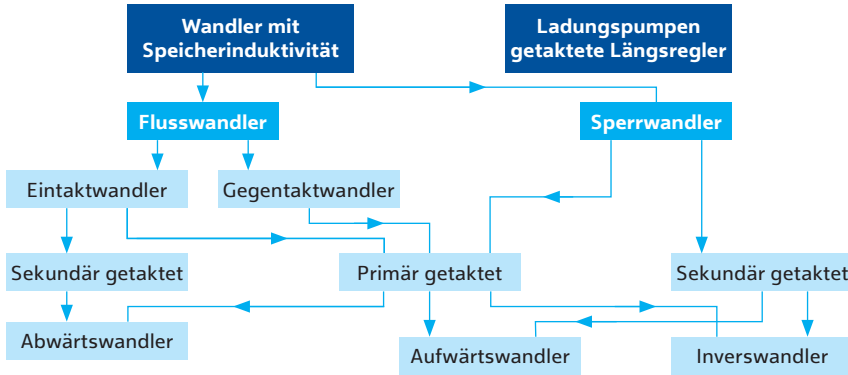
Mit Industrie 4.0 ist die Vernetzung von Sensoren mit Steuer-, Regel- und Informationssystemen sowie Auswertecomputern gemeint – aber auch mit Maschinen untereinander, die selbständig Informationen austauschen, auswerten und auf deren Grundlage reagieren können. Die Vernetzung geschieht über Ethernet-Verbindungen (Kap. 5.2.4). Es wird das gleiche Netz benutzt, dass auch für das World-Wide-Web verwendet wird. Jede angeschlossene Komponente hat eine eindeutige Hardware-Kennung (MAC-Adresse; Kap. 5.2.4), eine Software-Adresse (IP-Adresse) und kann mit anderen Komponenten im Netz kommunizieren. Die eingebundenen Geräte sind als „dumme“ Datenlieferanten ausgelegt oder auch als „intelligente“ Systeme die selbständig Entscheidungen treffen und mit Hilfe von Aktoren oder anderen „intelligenten“ Systemen, diese auch umsetzen.

Begriffe und Abkürzungen

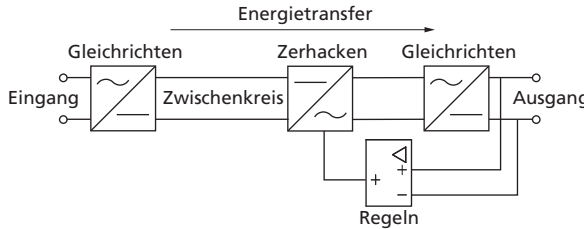
<p>Internet of Things IoT</p> <p>Industrial Internet of Things IIoT</p>	<p>Bezeichnung für die selbständige Benutzung des Internets von „intelligenten“ Geräten und Systemen. Die Geräte können ohne Eingriff von Menschen Daten bereitstellen oder sogar miteinander kommunizieren, Entscheidungen treffen und agieren. Im IIoT werden die speziellen Bedürfnisse industrieller Anwendungen berücksichtigt.</p>	<p>Typisch für den Aufbau eines mit IoT ausgestatteten Gerätes ist</p> <ul style="list-style-type: none"> • ein integrierter Mikrocontroller (Kap. 9.2) oder • einfach nur Sensoren (Kap. 8) <p>jeweils mit einer Ethernet-Schnittstelle ausgestattet. Die Ethernet-Schnittstelle wird oft separat mit einem speziellen IC realisiert, dass über I²C oder SPI (Kap. 4.2.6) mit dem Mikrocontroller oder den Sensoren kommuniziert. Die Anbindung erfolgt über Kabel oder per Funk (WLAN, ZigBee). Das IoT-Gerät arbeitet typischerweise als</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internet-Server, wenn es nur Daten zur Verfügung stellt. • Internet-Server und -Client, wenn es auch selbständig Anweisungen von einem entfernten Server abholen kann. Die abgeholten Anweisungen werden zur Steuerung des Gerätes verwendet. <p>Der Aufstellort und damit die Entfernung zwischen den kommunizierenden Geräten und Systemen ist dank der weltweiten Vernetzung im Internet beliebig.</p>
<p>Ethernet</p>	<p>Eine Technik, bestehend aus Hard-/Software-Komponenten, die vom Internet zur Datenübertragung verwendet wird.</p>	<p>Ethernet (Kap. 5.2.4) hat sich als Standard bei Netzwerken etabliert. Es wird für in sich abgeschlossene LAN-Netzwerke als auch für das offene Internet verwendet. Beim Datenaustausch der „Industrie 4.0“-Technik erfolgt die Anbindung mit Ethernet-Netzwerken. Auch bei IoT sind es fast nur Ethernet-Verbindungen.</p>
<p>Radio-Frequency Identification RFID</p>	<p>Technisches System für das kontaktlose Lesen und Speichern von Daten zwischen Geräten (z.B. Sensor und Lesegerät).</p>	<p>Der eigentliche Datenträger im RFID-System heißt Transponder. Außerhalb der Reichweite des Lesegeräts verhält sich der Transponder passiv. Erst wenn der Transponder sich in der HF-Reichweite des Lesers befindet, wird der Transponder aktiv und kann identifiziert werden. Für die Energieversorgung des Transponders werden die Radiowellen des Lesegerätes verwendet. Sobald Transponder und Lesegerät sich im gegenseitigen Ansprechbereich befinden, kann das Lesegerät die ausgesendeten Signale des Transponders empfangen. Die Reichweiten liegen üblicherweise unter 10 m. Eingesetzte Trägerfrequenzen: 125 ... 135 kHz; 13,56 MHz und 860 ... 960 MHz Die RFID-Technik wird zur Identifikation (elektronischer Strichcode) von Dingen eingesetzt sowie für die kontaktlose Anbindung von Sensoren im IoT.</p>
<p>Wireless Local Area Network WLAN</p> <p>Umgangssprachlich auch Wi-Fi</p>	<p>Übertragung von Netzwerk-Protokollen im Nahbereich per Funk. Übliche Trägerfrequenzen sind 2,4 GHz Standard; bis 14 Teilnehmer/Kanäle 5,0 GHz bis 140 Teilnehmer/Kanäle 60,0 GHz bei sehr vielen Teilnehmern und geforderten hohen Datenraten</p>	<p>Im Standard IEEE 802.11 gibt es eine Luftschnittstelle für lokale Funknetzwerke. Es ist ein "schnurloses Ethernet" und definiert die Bitübertragungsschicht des OSI-Schichtenmodells für ein Wireless LAN. Drahtlose Netzwerkkarten lassen sich in vorhandene Ethernet (Kap. 5.2.4) einbinden. So ist es mit Einschränkungen (Zuverlässigkeit, Geschwindigkeit) möglich, eine schnurgebundene Ethernet-Verbindung nach IEEE 802.3 durch eine per WLAN nach IEEE 802.11 zu ersetzen. Die Reichweiten liegen unter 100 m. Drahtlose Netze sind auf Empfangsgeräten mit ihrem Namen (SSID = Service Set Identifier) sichtbar.</p>

11.5.4 Schaltnetzteile

Einteilung der getakteten DC/DC-Wandler (Schaltnetzteile = SNTs)



Der Aufbau von Schaltnetzteilen entspricht im Grundprinzip immer den hier vorgestellten. Die wesentliche Energieumwandlung erfolgt beim Zerhacken.



Begriff	Beschreibung	Eigenschaften/Einsatz
Ladungspumpen	Getaktete Gleichspannungswandler ohne Speicherdrossel	Nur für sehr kleine Leistungen; mäßiger Wirkungsgrad
Sekundär getaktet	Das schaltende Element befindet sich hinter der galvanischen Trennung.	Schwerer 50-Hz-Netztransformator zur galvanischen Trennung erforderlich; guter Wirkungsgrad; geringe Anforderungen an die Bauelemente
Primär getaktet	Das schaltende Element befindet sich vor der galvanischen Trennung.	Leichter Hochfrequenztransformator übernimmt Energietransfer und galvanische Trennung; sehr guter Wirkungsgrad; hohe Anforderungen an die Bauelemente
Sperrwandler	Das magnetische Speicherelement (Transformator/Drossel) wird mit Gleichspannung beaufschlagt.	Einfache Bauweise; für Leistungen bis ca. 200 W geeignet; ungeeignet für sehr kleine Ausgangsspannungen
Flusswandler	Während beider Schaltzustände des schaltenden Elementes wird Energie transferiert.	Für kleine bis hohe Leistungen (bis ca. 800 W; in der Bauart als Gegentaktwandler auch für sehr hohe Leistungen (200 ... > 10000 W) einsetzbar

Hauptarten von sekundär getakteten Drosselwandlern

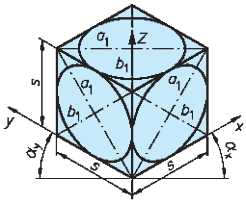
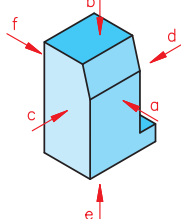
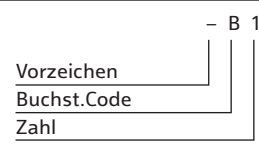
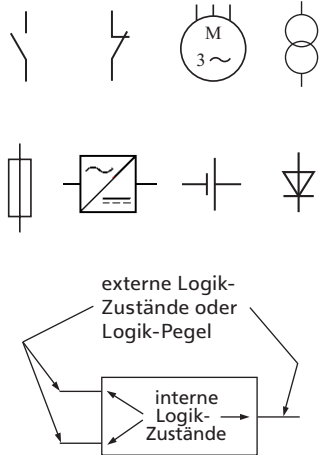
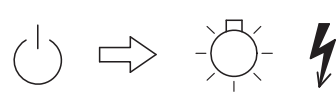
Abwärtswandler (buck-converter)	Sekundär getakteter Wandler, bei dem die Ausgangsspannung kleiner ist als die Eingangsspannung
Aufwärtswandler (boost-converter)	Sekundär getakteter Wandler, bei dem die Ausgangsspannung größer ist als die Eingangsspannung
Inverswandler (flyback-converter)	Sekundär getakteter Wandler, bei dem die Ausgangsspannung die umgekehrte Polarität hat wie die Eingangsspannung

Windkraftwerk	
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Windkraftwerk besteht aus mehreren einzelnen Windkraftanlagen auf dem Festland oder vor der Küste (Offshore). • Hauptbestandteile der Windkraftanlage sind Windturbine, Getriebe und Generator. Infolge der Drehbewegung der Rotorwelle wird ein Generator angetrieben. • Ausnutzung der Windenergie ist erst bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s im Jahresmittel zweckmäßig. • Im Inselbetrieb ohne, im Verbund- und Netzparallelbetrieb mit Verbindung zum öffentlichen Netz der Stromversorgung 	

12.2.5 Netzformen in Verteilungsnetzen

Strahlennetz	Ringnetz	Maschennetz
<p>Einseitig gerichteter Energiefluss, strahlenförmig von nur einem Einspeisepunkt in mehrere Leitungsstrecken ausgehend.</p> <p>Merkmale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfacher, übersichtlicher Netzaufbau • Kostengünstige Wartung • Geringe Versorgungssicherheit • Großer Spannungsfall am Leitungsende, dadurch begrenzte Belastbarkeit • Große Spannungsschwankungen möglich • Kleiner Kurzschlussstrom 	<p>Ringnetze sind geschlossene Versorgungssysteme. Sie besitzen ein oder zwei Einspeisestellen, der Ringschluss muss möglich sein. Ringnetze haben eine günstigere Stromverteilung bei kleineren Spannungsfällen.</p> <p>Merkmale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufwendiger Netzaufbau • Höchste Versorgungssicherheit • Günstige Erweiterung • Geringe Leitungsverluste • Gute Spannungshaltung • Hoher Kurzschlussstrom 	<p>Maschennetze entstehen durch die Verbindung aller Speise- und Knotenpunkte in einem Netzsystem. Dadurch entsteht die höchste Versorgungssicherheit. Maschennetze sind geschlossene Netze, die Energieversorgung erfolgt stets von mehreren Trafostationen.</p>

Beurteilungskriterien zur Netzgestaltung: Planungs- und Investitionsumfang, Betriebskosten und -führung, Versorgungssicherheit, Übersichtlichkeit, Schutzmaßnahmen, Spannungsfall, Leistungsverlust, Kurzschlussleistung

13.1 Übersicht		Seite
	13.2 Zeichentechnische Grundlagen	13-2
	13.2.1 Linien	13-2
	13.2.2 Schreibpapier-Endformate	13-2
	13.2.3 Grafische Darstellungen	13-3
	13.2.4 Axonometrische (parallele) Projektionen	13-3
	13.2.5 Schriften	13-4
13.2.6 Maßstäbe für Zeichnungen	13-4	
	13.3 Technische Darstellungen	13-4
	13.3.1 Orthogonale Darstellungen	13-4
	13.3.2 Maßeintragung in Zeichnungen	13-5
13.3.3 Schnitte	13-6	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Zeichnung</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Schaltplan</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Diagramm</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Tabelle</div> </div>	13.4 Dokumente der Elektrotechnik	13-7
	13.4.1 Dokumentarten für Schaltpläne	13-7
	13.4.2 Darstellungen in Schaltplänen	13-8
13.4.3 Ausführungsregeln für Schaltpläne	13-8	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Vorzeichen Buchst.Code Zahl </div> 	13.5 Kennzeichnung von elektrischen Betriebsmitteln	13-10
	13.6 Schaltzeichen	13-13
	13.6.1 Symbolelemente und Kennzeichnung für Schaltzeichen	13-13
	13.6.2 Schaltzeichen für Leiter und Verbinder	13-14
	13.6.3 Schaltzeichen für passive Bauelemente	13-14
	13.6.4 Schaltzeichen für Halbleiter und Elektronenröhren	13-15
	13.6.5 Schaltzeichen für die Erzeugung/Umwandlung elektrischer Energie	13-16
	13.6.6 Schaltzeichen für Schaltgeräte und Schutzeinrichtungen	13-17
	13.6.7 Schaltzeichen für Mess-, Melde- und Signaleinrichtungen	13-19
	13.6.8 Schaltzeichen für Elektroinstallation	13-20
	13.6.9 Schaltzeichen für Vermittlungs- und Endeinrichtungen	13-21
	13.6.10 Schaltzeichen für Übertragungseinrichtungen	13-22
	13.6.11 Binäre Elemente	13-23
	13.6.12 Analoge Elemente	13-25
13.6.13 Europäischer Installationsbus (EIB)	13-26	
	13.7 Bildzeichen der Elektrotechnik	13-27