



3. Bei einem Zweistrang-Schrittmotor ist das Zeitablaufdiagramm **Bild 1** mit einem Zähler mit Codeumsetzer zu verwirklichen. a) Bis zu welcher Zahl muss der Zähler mindestens zählen können? b) Wie lauten die minimierten Schaltfunktionen? c) Geben Sie die Schaltung des Codeumsetzers aus NAND-Elementen an.

4. Für die Steuerschaltung eines Zweistrang-Schrittmotors mit dem Zeitablaufdiagramm **Bild 1** ist ein Zähler aus vier beschalteten JK-Kippliedern zu entwerfen. a) Wie lauten die minimierten Schaltfunktionen? b) Wie lauten die Problemfunktionen?

5. Für einen Zweistrang-Schrittmotor mit dem Zeitablaufdiagramm **Bild 2**, vorhergehende Seite, ist der Zähler mit Codeumsetzer der Steuerschaltung zu entwerfen, wobei aber mittels eines Schalters Q1 wahlweise Rechtslauf oder Linkslauf stattfinden kann. Dabei soll der Schalter bei Rechtslauf H-Pegel in den Codeumsetzer einbringen. a) Skizzieren Sie das Zeitablaufdiagramm für Linkslauf. b) Bis zu welcher Zahl muss der Zähler zählen können? c) Wie lauten die minimierten Schaltfunktionen? d) Geben Sie die Schaltung des Codeumsetzers aus NAND-Elementen mit komplementären Ausgängen an.

6. Für die Steuerschaltung eines Zweistrang-Schrittmotors mit dem Zeitablaufdiagramm **Bild 2**, vorhergehende Seite, ist ein besonderer Zähler aus beschalteten JK-Kippliedern zu entwerfen, bei dem aber mittels eines Schalters wahlweise Rechtslauf oder Linkslauf einzustellen ist. Der Schalter soll bei Linkslauf H-Pegel in den Codeumsetzer einbringen. a) Skizzieren Sie das Zeitablaufdiagramm für Linkslauf. b) Wie viele Kipplieder muss der Zähler haben? c) Wie lauten die minimierten Schaltfunktionen? d) Wie lauten die Problemfunktionen?

7. Ein Fünfstrang-Schrittmotor nach **Bild 2** hat das Zeitablaufdiagramm **Bild 3**. Es soll ein Zähler aus beschalteten JK-Kippliedern für die Steuerschaltung der elektronischen Schalter Q1 bis Q5 entworfen werden. Der nachgeschaltete Codeumsetzer ist vorhanden. a) Wie viele Kipplieder sind erforderlich? b) Geben Sie die Problemfunktionen an.

8. Ein Fünfstrang-Schrittmotor nach **Bild 2** soll wie im Zeitablaufdiagramm **Bild 3** angesteuert werden. Die Steuerschaltung für die elektronischen Schalter Q1 bis Q5 soll einen Zähler mit Codeumsetzer enthalten. a) Bis zu welcher Zahl muss der Zähler mindestens zählen können? b) Wie lauten die minimierten Schaltfunktionen? c) Geben Sie die Schaltung des Codeumsetzers mit NAND-Elementen für einen 4-Bit-Zähler 0 bis 15 an.

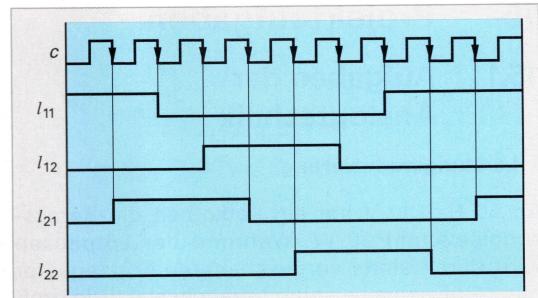


Bild 1: Zeitablaufdiagramm für Halbschritt-Ansteuerung

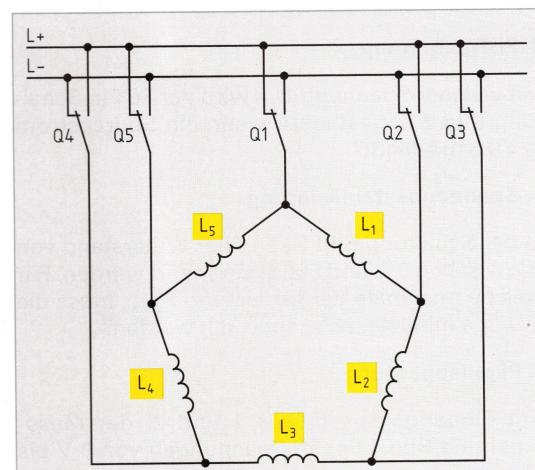


Bild 2: Fünfstrang-Schrittmotor

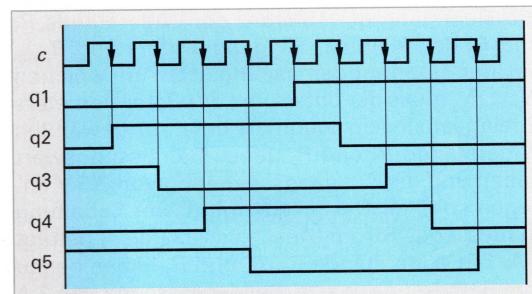


Bild 3: Zeitablaufdiagramm für Fünfstrang-Schrittmotor Bild 2 in Vierstrang-Ansteuerung (ein Strang jeweils überbrückt)

15 Projektaufgaben

15.1 Aufgaben der Analogtechnik

1. Leistungsreduzierung

An 50 Hz/230 V hat ein Lötkolben die Bemessungsleistung 30 W. Während der Lötpausen wird durch einen vorgeschalteten Kondensator mit $2,2 \mu\text{F}$ seine Leistung herabgesetzt. Wie groß ist sie?

2. Operationsverstärker

Zwei Operationsverstärker haben jeweils eine Leerlaufverstärkung von $5 \cdot 10^5$ und sind nach Bild 1 geschaltet. Wie groß ist der Spannungsverstärkungsfaktor V_v der gesamten Schaltung?

3. FET-Schaltung

Mit welcher Spannung U_{GS} wird der FET in Schaltung **Bild 2** angesteuert, wenn ein Sourcestrom $I_S = 0,5 \text{ mA}$ fließt?

4. Spannungsstabilisierung

In der Schaltung **Bild 3** kann der Widerstand von R_3 zwischen 0Ω und 500Ω verändert werden. Für welche maximale Verlustleistung $P_{v\max}$ muss die Z-Diode mindestens ausgewählt werden?

5. Pegelanpassung

Am Eingang (Anschlüsse 1 und 2) der Messschaltung **Bild 4** liegen Spannungen von 0 V bis 25 V an. Die Spannung am Ausgang A1 soll im Bereich 0 V bis 2,5 V liegen. a) Berechnen Sie R_1 und R_2 , wenn das Potenziometer R_3 in Mittelstellung steht und zwischen den An schlüssen 1 und 2 der Eingangswiderstand 100 k Ω betragen soll. b) Wählen Sie aus der E-12-Reihe die Widerstände R_1 und R_2 aus und berechnen Sie unter Berücksichtigung der Toleranz der Widerstände R_1 und R_2 den kleinsten Eingangswiderstand $R_{i\min}$ bei der Spannungsmessung. c) Auf welchen Wert R_{3u} muss der untere Teil des Potenziometers R_3 eingestellt sein, wenn die unter b) gewählten Widerstände R_1 und R_2 genau Bemessungswert haben und die Ausgangsspannung von 2,5 V anliegen soll? d) Der größte mit dieser Schaltung zu messende Strom (Anschlüsse 3 und 4) beträgt 3 A. Die Widerstände R_4 , R_5 und R_7 haben genau ihre Bemessungswerte. Bei der Messung von 3 A soll am Ausgang A2 die Spannung 3 V betragen. Auf welchen Wert R_6 muss das Potenziometer eingestellt sein?

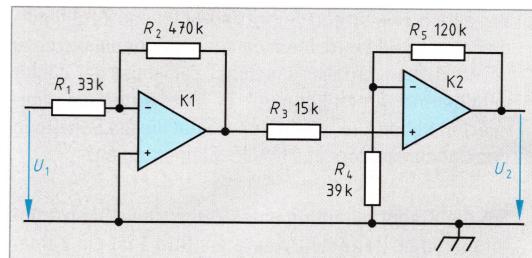


Bild 1: Verstärkerschaltung

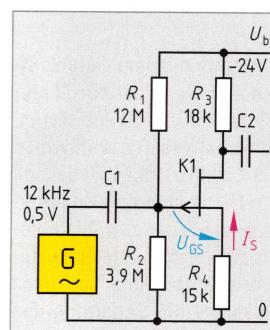


Bild 2: Schaltung mit FET

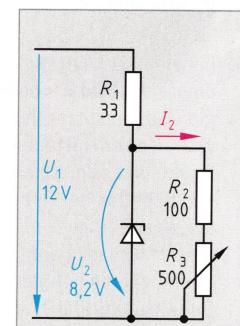


Bild 3: Spannungs-
stabilisierung

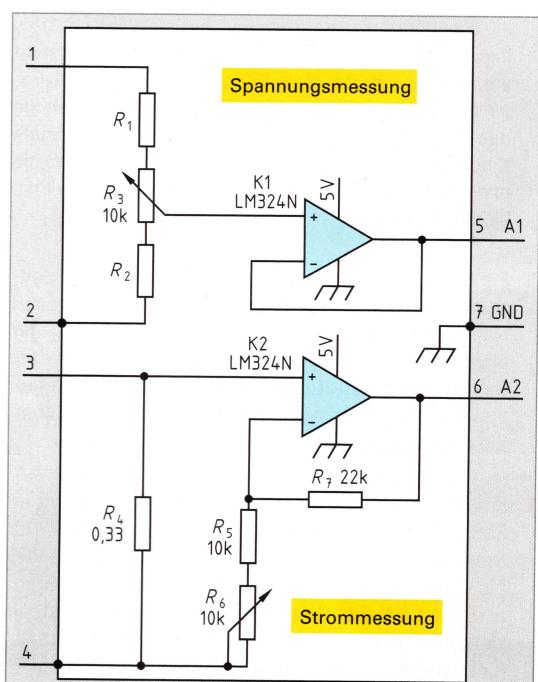


Bild 4: Schaltung für Pegelanpassung

6. Brückenschaltung mit Dehnungsmessstreifen

Auf einen einseitig eingespannten Balken ist beidseitig je ein Dehnungsmessstreifen aufgeklebt (**Bild 1**). Deren Widerstand erhöht sich bei Dehnung und verkleinert sich bei Stauchung. Die Widerstandsänderung ΔR hängt vom Bezugswiderstand R , der relativen Dehnung ε und einem Faktor k ab ($\Delta R = k \cdot \varepsilon \cdot R$). Die beiden Dehnungsmessstreifen B1 und B2 haben die Bezugswiderstände R_3 und R_4 mit je 600Ω und $k = 40$ und sind Teil der Brückenschaltung **Bild 2**.
 a) Berechnen Sie die Widerstandsänderungen ΔR für die relativen Dehnungen bis $\varepsilon = 5 \text{ mm/m}$ und stellen Sie die Funktion $\Delta R = f(\varepsilon)$ zeichnerisch dar ($1 \text{ mm/m} = 10^{-3}$). b) Welchen Widerstandswert muss R_2 haben, damit die Brücke bei der Kraft $F = 0 \text{ N}$ abgeglichen ist? c) Bei $F = 1000 \text{ N}$ beträgt die relative Dehnung bei Dehnung $\varepsilon = 2 \text{ mm/m}$ und bei Stauchung $\varepsilon = -2 \text{ mm/m}$. Wie groß ist jetzt die Brückenspannung U_{AB} ? d) Bei $F = 2000 \text{ N}$ ($\varepsilon = 4 \text{ mm/m}$) wurde der Dehnungsmessstreifen B1 mit dem Widerstandswert R_3 zerrissen. Wie groß ist U_{AB} bei weiterhin wirkender Kraft? e) Zwischen die Punkte A und B wird ein Spannungsmesser der Klasse 1,5 mit einem Messbereichsendwert von 500 mV angeschlossen. Wie groß sind bei $F = 1000 \text{ N}$ (Aufgabe c) der absolute Messfehler F und der relative Messfehler f ?

7. Lichtschrankenschaltung

Eine Glühlampe und ein Fotowiderstand (LDR) bilden eine Lichtschranke (**Bild 3**). Im Spalt zweier derartiger Lichtschranken B1 und B2 dreht sich eine Codierscheibe (**Bild 4**). Die Fotowiderstände B1 und B2 mit ihren Widerstandswerten R_1 und R_2 sind in je einen Spannungsteiler geschaltet, an denen die Signalspannungen U_A und U_B abgegriffen werden (**Bild 5**). U_A und U_B steuern einen Vorwärts-Rückwärts-Zähler an. Die LDR haben unbeleuchtet einen Dunkelwiderstand $R_D = 800 \text{ k}\Omega$ und beleuchtet einen Hellwiderstand $R_H = 120 \Omega$. Ihre höchstzulässige Verlustleistung beträgt $P_{\text{tot}} = 50 \text{ mW}$. Die LED haben eine Bemessungsspannung $U_n = 1,5 \text{ V}$ und einen Bemessungsstrom $I_n = 0,1 \text{ A}$.
 a) Skizzieren Sie die mögliche Schaltung, mit denen die beiden LED an der Betriebsspannung $U_b = 5 \text{ V}$ mit ihren Bemessungsdaten betrieben werden können, und berechnen Sie die erforderlichen Widerstände.
 b) Welche höchstzulässige Stromstärke I_1 darf in der Schaltung **Bild 5** bei Beleuchtung fließen?
 c) Welchen Widerstandswert müssen die Widerstände R_3 und R_4 haben, damit bei beleuchteten LDR die Stromstärken I_1 und I_2 je 5 mA betragen?

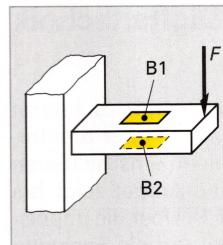


Bild 1: Balken mit Dehnungsmessstreifen

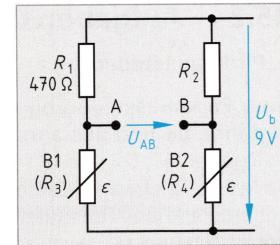


Bild 2: Brückenschaltung

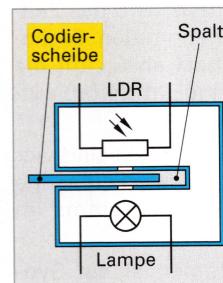


Bild 3: Aufbau der Lichtschranken

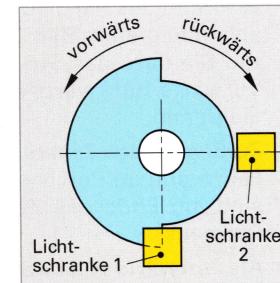


Bild 4: Lichtschranken mit Codierscheibe

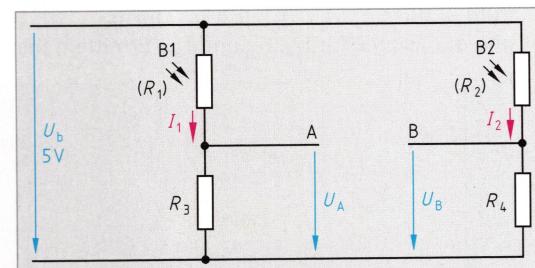


Bild 5: Schaltung mit Lichtschranken

- d) Wie groß sind die Signalspannungen U_{AH} und U_{BH} bei beleuchteten LDR sowie U_{AD} und U_{BD} bei abgedunkelten LDR? e) Den Signalspannungen U_A bzw. U_B soll bei $0 \text{ V} \dots 0,8 \text{ V}$ der Pegel L und bei $2,4 \text{ V} \dots 5 \text{ V}$ der Pegel H zugeordnet werden. Innerhalb welcher Bereiche dürfen sich der Dunkelwiderstand R_D und der Hellwiderstand R_H der LDR infolge Beleuchtungsschwankungen verändern, damit die Pegel noch eindeutig verarbeitet werden können? f) Skizzieren Sie die Zeitablaufdiagramme für U_A und U_B bei Vorwärtlauf der Codierscheibe. g) Skizzieren Sie die Zeitablaufdiagramme für U_A und U_B bei Rückwärtlauf der Codierscheibe.

15.2 Aufgaben der Digitaltechnik

1. Parkhaussteuerung

Eine Parkhaussteuerung für 7 Stellplätze erfasst einfahrende und ausfahrende Autos über drei Impulsgeber G1, G2 und G3 und einen umschaltbaren Vorwärts-Rückwärts-Zähler. Eine Ampel zeigt bei vollem Parkhaus Rotsignal (**Bild 1**). Über die Impulsgeber G1 und G3 wird ermittelt, ob ein Fahrzeug einfährt oder ausfährt. G1 erzeugt ein Signal zum Vorwärtzzählen, G3 ein Signal zum Rückwärtzzählen des Zählers. G2 liefert die Zählimpulse. Der Zähler erfasst so die Zahl der Fahrzeuge im Parkhaus.

- Während des Parkhausbetriebs wird das Zeitablaufdiagramm **Bild 2** aufgenommen. Ergänzen Sie dazu das Steuersignal an C_{vr} für die Vorwärts-Rückwärts-Zählung im Zeitablaufdiagramm.
- Zu Beginn des Zeitablaufdiagramms sind vier Fahrzeuge im Parkhaus. Wie viele Fahrzeuge sind am Ende des Zeitablaufdiagramms im Parkhaus?
- Als Vorwärts-Rückwärts-Zähler ist ein Synchronzähler aus zweiflankengesteuerten JK-Kippgliedern (Master-Slave-JK-Kippgliedern) zu entwerfen, die mit ansteigender Flanke gesteuert und als T-Kippglied geschaltet werden. Erstellen Sie die Wertetabelle anhand der Vorlage (**Bild 3**) für c_{vrn} , q_{1n} , q_{2n} und q_{3n} für q_{1n+1} , q_{2n+1} und q_{3n+1} sowie für t_{1n} , t_{2n} und t_{3n} . Ermitteln Sie

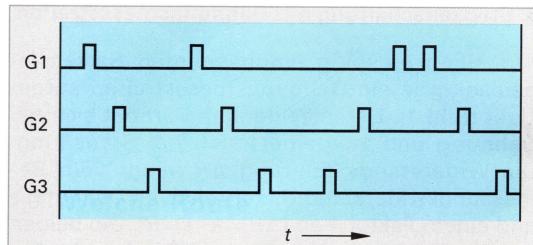


Bild 2: Zeitablaufdiagramm

c_{vrn}	q_{3n}	q_{2n}	q_{1n}	q_{3n+1}	q_{2n+1}	q_{1n+1}	t_{3n}	t_{2n}	t_{1n}
0	0	0	0	X	X	X	X	X	X
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
.
1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X

Bild 3: Vorlage für Wertetabelle

die minimierten Schaltfunktionen für die T-Eingänge. $c_{vr} = 1$ bewirkt das Zählen vorwärts, $c_{vr} = 0$ das Zählen rückwärts.

- Skizzieren Sie den synchronen Vorwärts-Rückwärts-Zähler.
- Skizzieren Sie die logische Schaltung zur Erzeugung der Ampelsignale rt (rot) und gn (grün), wenn beim Wert 1 die jeweilige Lampe leuchtet.

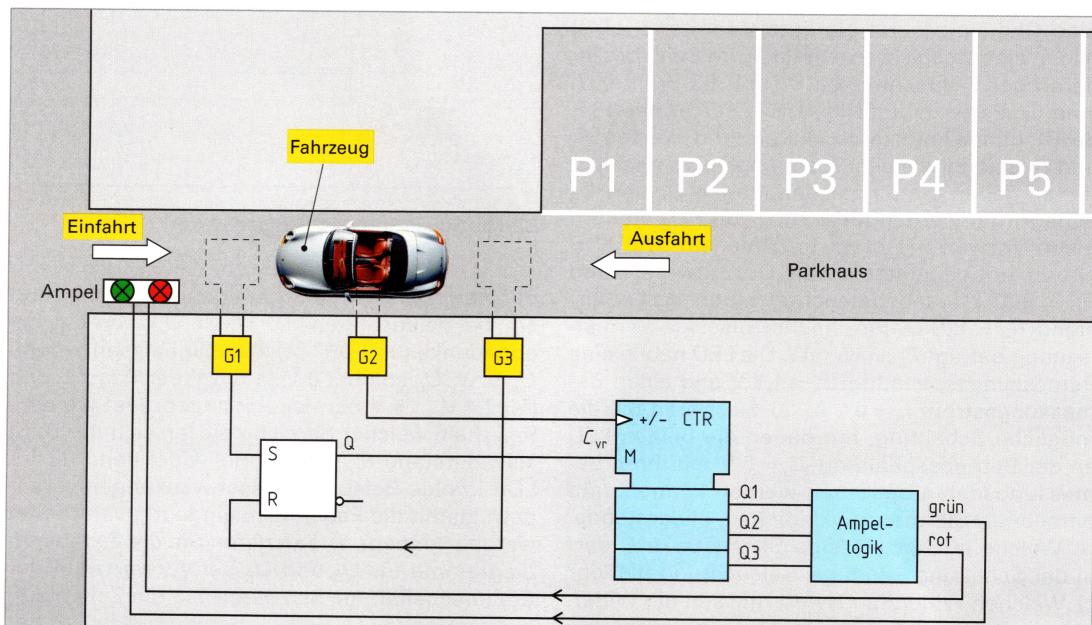


Bild 1: Übersichtsplan für Parkhaussteuerung

2. Platinenbestückungsanlage

Zur automatischen Bestückung einer Platine muss diese durch Kontrollbefehle in die richtige Lage gebracht werden. Die Lage der Platine wird durch ihre 4 Bohrungen mithilfe von 4 Lichtschranken B1 bis B4 erfasst und gegebenenfalls korrigiert (**Bild 1**). Gelangt Licht durch die Bohrung, so gibt die entsprechende Lichtschranke ein Signal mit dem Wert 1 ab.

- Ergänzen Sie die Wertetabelle für die Lichtschranken B1, B2, B3, B4 und die Korrekturbefehle D, 2D, 3D und W (**Bild 2**). Tragen Sie für die erforderlichen Korrekturen 1 oder wenn keine Korrektur notwendig ist 0 ein. Alle nicht vorkommenden Fälle sind Redundanzen (Don't-care-Fälle) und mit X zu bezeichnen.
- Ermitteln Sie mit KV-Diagrammen die minimierten Schaltfunktionen für D, 2D, 3D und W.
- Skizzieren Sie die Schaltung entsprechend **Bild 3** hierzu.
- Für eine Sichtkontrolle soll jede 13. Platine über eine Weiche X ausgesondert werden (**Bild 4**). Die Weiche wird über einen asynchronen Zähler, der seine Zählimpulse von der Lichtschranke B5 erhält, angesteuert. Entwerfen Sie die Schaltung, mit welcher das Signal x zur Steuerung der Weiche erzeugt wird. Verwenden Sie dazu zweiflankengesteuerte JK-Kipplglieder (Master-Slave-JK-Kipplglieder), die mit ansteigender Flanke gesteuert und als T-Kipplglieder geschaltet sind sowie S-Eingänge und R-Eingänge haben. Die Signale x und \bar{r} können von den Ausgängen der Zählerflipflops abgeleitet werden.
- Skizzieren Sie den Zeitablaufplan für B5, Q1, Q2, Q3, Q4, X und den Rücksetzeingang R für den Zähler.

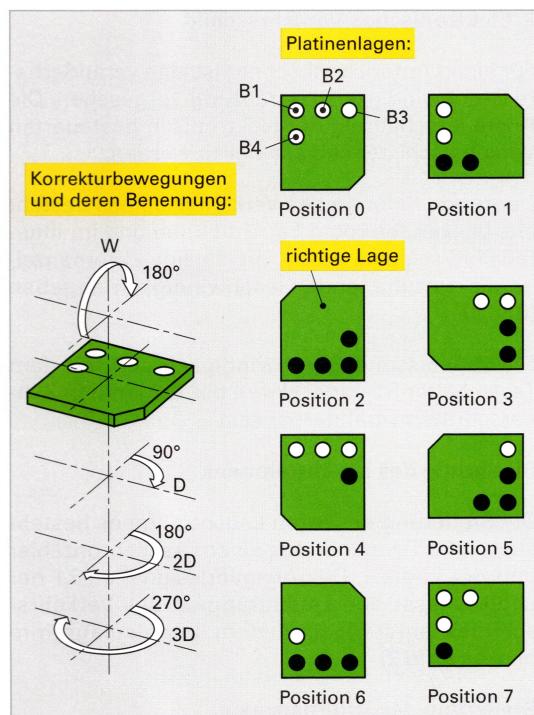


Bild 1: Platinen in verschiedenen Lagen und Korrekturen

B4	B3	B2	B1	D	2D	3D	W	Bemerkung
0	0	0	0	0	1	0	0	Position 2
0	0	0	1	X	X	X	X	don't care
0	0	1	0	X	X	X	X	don't care
0	0	1	1	X	X	X	X	don't care
0	1	0	0	1	0	0	1	Position 5
.
.
1	1	1	1	0	0	0	0	richtige Lage

Bild 2: Vorlage für Wertetabelle

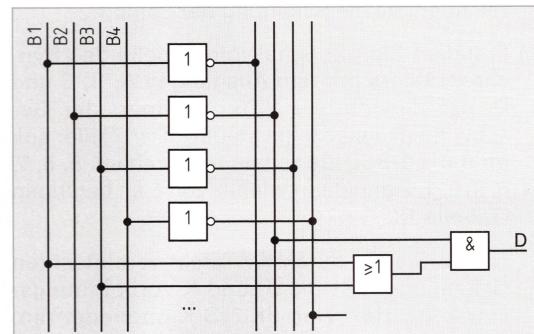


Bild 3: Schaltungsauszug zu Aufgabenteil c

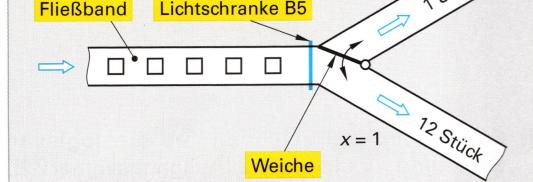


Bild 4: Weiche

3. Elektronisches Verkehrsschild

Für einen Autobahnabschnitt ist eine veränderbare Geschwindigkeitsbegrenzung vorgesehen. Die Ansteuerschaltung der elektronisch gesteuerten Verkehrsschilder soll entwickelt werden.

Der runde Rahmen des Verkehrsschildes besteht aus blinkenden roten Leuchtdioden und im inneren Feld soll eine große, dreistellige Ziffernanzeige die einzuhaltende Geschwindigkeit angeben (**Bild 1**).

Die zugelassene Geschwindigkeit soll mit dem Tastschalter S1 von 50 km/h bis 120 km/h in Zehnerschritten veränderbar sein.

Steuerung des Leuchtrahmens

Die Steuerung des roten Leuchtrahmens besteht aus einem Taktgenerator, einem Asynchronzähler und der Logik 1. Das Ausgangssignal an Z1 der Logik 1 lässt den Leuchtrahmen des Verkehrsschildes entsprechend dem Impulsdiagramm blinken (**Bild 2**).

Steuerung der Ziffernanzeige

Von der dreistelligen Anzeige zeigt die rechte Ziffer (Einer) entsprechend der gewünschten Anzeige ständig die Null an. Nur die Zehnerstellen und die Hunderterstellen müssen deshalb durch einen Zähler und eine logische Schaltung gesteuert werden.

- Entwerfen und zeichnen Sie den erforderlichen Asynchronzähler mit JK-Master-Slave-Kippstufen.
- Erstellen Sie eine vollständige Funktionstabelle für das Ausgangssignal Z1 der Logik 1.
- Ermitteln Sie eine möglichst einfache Schaltfunktion für das Ausgangssignal an Z1 und zeichnen Sie die Schaltung der Logik 1.
- Erstellen Sie die Schaltfolgetabelle des Synchronzählers mit den Ausgängen A, B, C und D, der die mittlere Ziffer (Zehner) der Geschwindigkeitsanzeige steuert. Der Zähler soll im 8-4-2-1-BCD-Code wie folgt zählen: 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2 und dann wieder von 5 an beginnen (**Tabelle 1**).
- Geben Sie die durch KV-Tafeln vereinfachten Gleichungen für die J- und K-Vorbereitungseingänge der vier JK-MS-Kippglieder an. Zeichnen Sie die Schaltung des Synchronzählers.

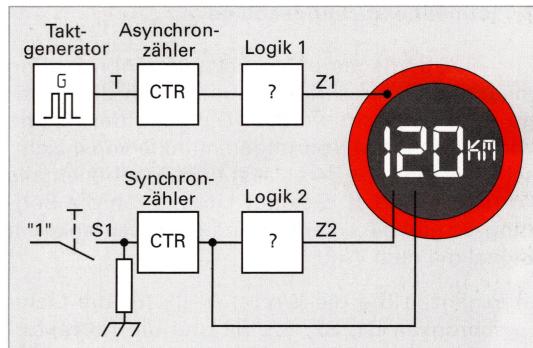


Bild 1: Elektronisches Verkehrsschild

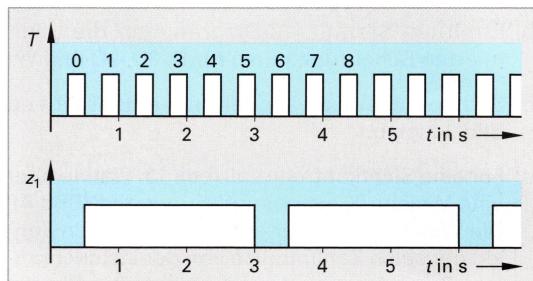


Bild 2: Impulsdiagramm der Signale T und z_1

Tabelle 1: Schaltfolgetabelle Synchronzähler

Dez.	vor dem Takt				nach dem Takt			
	D_n	C_n	B_n	A_n	D_{n+1}	C_{n+1}	B_{n+1}	A_{n+1}
5								
6								
7								
8								
9								
0								
1								
2								

- Entwickeln und zeichnen Sie die logische Schaltung für die Logik 2 (Ausgangssignal Z2), die nur für die Anzeigen 100, 110 und 120 km/h „1“-Signal abgibt.

15.3 Schaltungen mit monostabilen Kippgliedern

1. Monostabiles Kippglied

Die Dauer des Impulses am Ausgang des monostabilen Kippglieds 74121 wird durch den externen Widerstand R_x und durch den externen Kondensator C_x bestimmt und mit der Formel $\tau \approx 0,7 \cdot R_x \cdot C_x$ berechnet (**Bild 1**). a) Wie groß ist die Dauer des Ausgangsimpulses für $R_x = 2,2 \text{ k}\Omega$ und $C_x = 330 \text{ nF}$? b) Ein Impuls von $0,1 \mu\text{s}$ Dauer soll auf $0,5 \mu\text{s}$ verlängert werden. Berechnen Sie R_x bei $C_x = 330 \text{ pF}$. c) Durch die Schaltung sollen Impulse zwischen $0,1 \mu\text{s}$ und $1 \mu\text{s}$ Dauer in Impulse mit einer konstanten Dauer von $0,4 \mu\text{s}$ geformt werden. Für R_x wird der größte noch zulässige Widerstand von $40 \text{ k}\Omega$ eingesetzt. Berechnen Sie C_x .

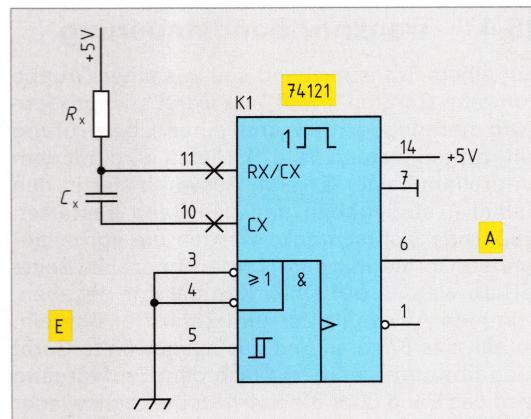


Bild 1: Monostabiles Kippglied

2. Verzögerungsschaltung

a) An den Eingang der Schaltung **Bild 2** gelangt ein Impuls mit der Dauer $\tau_e = 0,15 \text{ ms}$. Berechnen Sie die Dauer τ_a des Ausgangsimpulses und zeichnen Sie Eingangsimpuls und Ausgangsimpuls zeitgleich untereinander. Hinweis: Das monostabile Kippglied wird mit der abfallenden Flanke getriggert. b) Welche Dauer hat ein Ausgangsimpuls bei einem Eingangsimpuls von $0,05 \text{ ms}$ Dauer? Zeichnen Sie auch für diesen Fall die Eingangsimpulse und Ausgangsimpulse zeitgleich untereinander. c) Welche Funktion erfüllt die Schaltung **Bild 2**? d) Geben Sie eine Schaltung mit dem monostabilen Kippglied 74121 an, welche die ansteigende Flanke eines Impulses um $50 \mu\text{s}$ verzögert ($C_x = 2,2 \text{ nF}$). Berechnen Sie den Wert von R_x . Zeichnen Sie für einen Eingangsimpuls mit der Dauer $80 \mu\text{s}$ den Eingangsimpuls und den Ausgangsimpuls zeitgleich untereinander. Hinweise: Verknüpfen Sie Eingang und Ausgang über ein UND-Element. Benutzen Sie dazu auch die Anschlüsse 5 und 1.

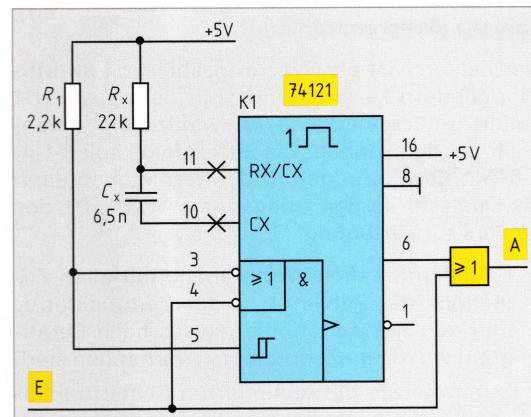


Bild 2: Verzögerungsschaltung

3. Nachtriggerbares monostabiles Kippglied

Im Datenblatt des nachtriggerbaren monostabilen Kippglieds 74123 wird für die Berechnung der Impulsdauer die Formel $\tau \approx 0,28 \cdot C_x \cdot (R_x + 700 \Omega)$ angegeben. a) Berechnen Sie zu **Bild 3** die Impulsdauer und zeichnen Sie die Diagramme der Eingangsimpulse und der Ausgangsimpulse zeitgleich untereinander. b) Die Impulsdauer des monostabilen Kippglieds **Bild 3** soll verdoppelt werden. Welcher externe Widerstand muss gewählt werden, wenn C_x beibehalten wird?

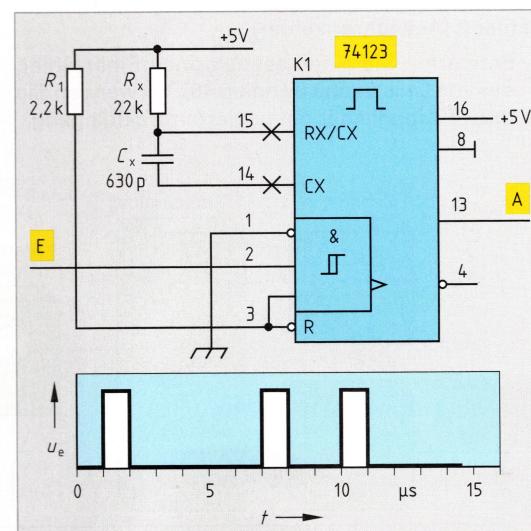


Bild 3: Nachtriggerbares monostabiles Kippglied

15.4 Transportbandsteuerung

Auf einem Transportband soll aus einer Gruppe von zehn Geräten jeweils ein Gerät stichprobenartig herausgegriffen und einer Überprüfung unterzogen werden (**Bild 1**). Hierzu wird mit dem entprellten Taster S1 eine Auswahlziffer in den Zähler 1 eingegeben und das Band gestartet. Über eine Lichtschranke werden die vorbeilaufenden Geräte mit dem Zähler 2 gezählt. Beide Ziffern werden auf einen Komparator gegeben. Stimmen Auswahlziffer und Zählziffer überein, so hält das Band an und das ausgewählte Gerät kann überprüft werden. Nach dem Prüfvorgang wird das Band über die Start-Stopp-Logik wieder gestartet. Das Stopp-Signal U_S wird von einem Schaltverstärker auf die Spannung U_A angehoben und von einer LED angezeigt.

Zähler 1 (Synchronzähler)

Der Zähler 1 ist als Synchronzähler mit JK-MSKippgliedern zu entwerfen. Mit dem Taster S1 sollen unterschiedliche Auswahlziffern eingestellt werden können. Die Ziffernfolge soll 0-1-4-7-0-1-... usw. betragen. Die Ziffern stehen dann als Dualzahl an den Ausgängen A1, B1, C1 des Zählers zur Verfügung.

1. Erstellen Sie eine Wertetabelle mit allen Zuständen des Zählers 1 zu den Zeitpunkten t_n und den Zuständen, die jeweils nach Betätigung von S1 im Zeitpunkt t_{n+1} vorhanden sind.
2. Ermitteln Sie die minimierten Schaltfunktionen für alle J-Eingänge und K-Eingänge.
3. Skizzieren Sie die Schaltung des Zählers.

Zähler 2 (Asynchronzähler)

4. Entwerfen Sie einen asynchronen Binärzähler, der von 0 bis 9 zählt (Modulo 10). Verwenden Sie dazu T-Kippglieder mit negiertem Takteingang.

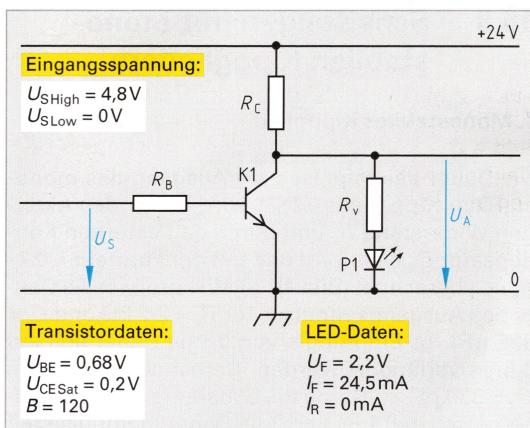


Bild 2: Schaltverstärker

5. Skizzieren Sie für 10 Takte den Signalverlauf für die Ausgänge A2, B2, C2 und D2.

Komparator

Der Komparator liefert das Stopp-Signal $s = 0$, wenn die Ausgangszustände des Zählers 1 mit denen des Zählers 2 identisch sind.

6. Entwerfen Sie die Schaltung des Komparators mit logischen Elementen.

Schaltverstärker

Die Transportbandsteuerung benötigt zum Bandstopp das Signal $U_A = 12\text{V}$, weshalb der TTL-Pegel des Komparators angehoben werden muss (**Bild 2**). Bei Bandstopp leuchtet die LED P1.

7. Berechnen Sie die Widerstände R_C und R_V .
8. Berechnen Sie den Basisvorwiderstand R_B bei einem Übersteuerungsfaktor $\bar{u} = 1,8$.

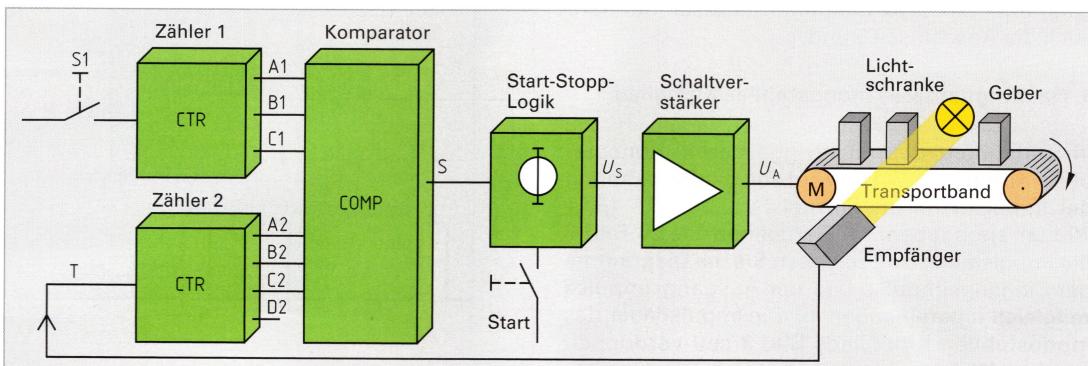


Bild 1: Transportbandsteuerung

15.5 Codeprüfung

Bei einer Datenübertragung können Codeworte verfälscht werden. Der 2-aus-5-Code eignet sich für die Überprüfung auf Übertragungsfehler.

Bild 1 zeigt einen 2-aus-5-Code, der 5 bit für die Darstellung einer Dezimalziffer verwendet. Dabei liegen immer genau zwei dieser 5 bit auf 1 = High.

Erzeugung des 2-aus-5-Codes

Es soll ein Synchronzähler mit JK-MS-Kippgliedern, der im 2-aus-5-Code zählt, entworfen werden. Um einen fünfstufigen Zähler zu vermeiden, soll das 5. Bit durch Verknüpfung der Bits A, B, C, D gewonnen werden.

Dezimal-Code	2-aus-5-Code				
	E	D	C	B	A
0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	0
2	0	0	0	1	1
3	1	0	1	0	0
4	0	0	1	0	1
5	0	0	1	1	0
6	1	1	0	0	0
7	0	1	0	0	1
8	0	1	0	1	0
9	0	1	1	0	0

Bild 1: 2-aus-5-Code

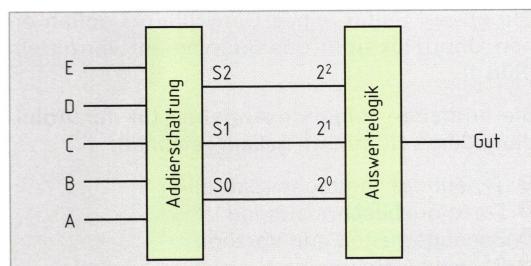


Bild 2: Prüfschaltung für 2-aus-5-Code

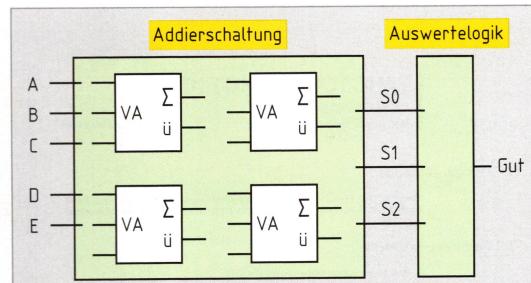


Bild 3: Vorlage für 2-Bit-Prüfschaltung

Anzahl der „1“ an den Eingängen E, D, C, B, A	Spannung U_A am Ausgang
0	+0V
1	+1V
2	+2V
3	+3V
4	+4V
5	+5V

Bild 4: Analoge Codeprüfung

5. Zeichnen Sie die Schaltung und bemessen Sie die erforderlichen Widerstände in der für Operationsverstärker üblichen Größenordnung (Annahme: H \triangleq 5 V).



16 Arbeiten mit Datenblättern

16.1 Einführung in den Datenblattgebrauch

Technische Daten sind Leistungsversprechen des Herstellers und können zu Gewährleistungsansprüchen an den Schaltkreishersteller führen.

Alle Schaltkreishersteller legen in ihren Datenblättern eine ähnliche Gliederung und auch ähnliche Begriffe zugrunde (**Tabelle 1**).

16.1.1 Allgemeine Angaben

Die ersten Seiten eines Datenblattes sollen einen Überblick über das Bauelement vermitteln (**Bild 1**).

Sie enthalten folgende Angaben (in der Abbildung durch Nummern gekennzeichnet):

- 1 Typenbezeichnungen (Baureihe)
- 2 Funktionsbeschreibungen
- 3 Besonderheiten und Vorteile
- 4 Bestellinformationen
- 5 Schaltsymbole
- 6 Darstellung der Gehäuseformen

Tabelle 1: Gliederung von Datenblättern

Folge (engl. Fachausdruck)	deutscher Begriff
A General Information	allgemeine Angaben
B Description	Funktionsbeschreibung
C Absolute Maximum Ratings	absolute Grenzwerte
D Recommended Operation Conditions	empfohlene Betriebsbedingungen
E Electrical Characteristics over Recommended Free-Air Temperature Range	elektrische Betriebswerte bei empfohlenen Umgebungstemperaturen
F Timing Requirements	zeitliche Anforderungen
G Switching characteristics	Schaltzeiten
H Parameter Measurement Information	ergänzende Angaben zur Schaltkreisprüfung
I Package outline	Gehäuseabmessungen
J Legal information	Rechtsauskunft

74HC1G00; 74HCT1G00

2-input NAND gate

Rev. 5 — 25 September 2013

Product data sheet

1. General description

The 74HC1G00; 74HCT1G00 is a single 2-input NAND gate. Inputs include clamp diodes that enable the use of current limiting resistors to interface inputs to voltages in excess of V_{cc}.

2. Features and benefits

- Wide supply voltage range from 2.0 V to 6.0 V
- Input levels:
 - ◆ For 74HC1G00: CMOS level
 - ◆ For 74HCT1G00: TTL level
- Symmetrical output impedance
- High noise immunity
- Low power dissipation
- Balanced propagation delays
- ESD protection:
 - ◆ MM JESD22-A114E exceeds 2000 V
 - ◆ MM JESD22-A115-A exceeds 200 V
- Multiple package options
- Specified from -40 °C to +85 °C and -40 °C to +125 °C

3. Ordering information

Type number	Package	Temperature range	Name	Description	Version
74HC1G00GW		-40 °C to +125 °C	TSSOP5	plastic thin shrink small outline package; 5 leads; body width 1.25 mm	SOT353-1
74HCT1G00GW		-40 °C to +125 °C			
74HC1G00GV		-40 °C to +125 °C	SC-74A	plastic surface-mounted package; 5 leads	SOT753
74HCT1G00GV					

Nexperia

74HC1G00; 74HCT1G00

2-input NAND gate

4. Marking

Table 2. Marking codes

Type number	Marking ^[1]
74HC1G00GW	HA
74HCT1G00GW	TA
74HC1G00GV	H00
74HCT1G00GV	T00

[1] The pin 1 indicator is located on the lower left corner of the device, below the marking code.

5. Functional diagram

Fig. 1. Logic symbol

Fig. 2. IEC logic symbol

Fig. 3. Logic diagram

6. Pinning information

6.1 Pinning

Fig. 4. Pin configuration

6.2 Pin description

Symbol	Pin	Description
B	1	data input
A	2	data input
GND	3	ground (0 V)
Y	4	data output
V _{cc}	5	supply voltage

NEX_M74HC1G00
Product data sheet
Rev. 5 — 25 September 2013

All information provided in this document is subject to legal disclaimers.
© Nexperia B.V. 2013. All rights reserved.
2 of 12

Bild 1: Die ersten beiden Seiten eines typischen Datenblattes (hier: Nexpiria)

248

16.1.2 Technische Kenngrößen in Datenblättern

Funktionsbeschreibungen (Descriptions)

Bei komplexen Bauelementen wird die Funktionsbeschreibung über die erste Seite hinaus fortgesetzt. Es werden dazu Text, Tabellen, Impulsdiagramme, Zustandsgraphen und Schaltpläne verwendet.

Sequentielle Schaltungen erfordern zusätzliche Beschreibungsmittel in Form von Funktionstabellen (**Tabelle 1**).

Absolute Grenzwerte (Absolute Maximum Ratings)

Die absoluten Grenzwerte kennzeichnen Betriebsbedingungen, die das Bauelement gerade noch aushält (**Tabelle 2**). Die einwandfreie Funktion wird hierbei nicht garantiert.

Betriebsbedingungen (Recommended Operation Conditions)

Bei den empfohlenen Betriebsbedingungen wird das Funktionieren des Bauelementes garantiert (**Tabelle 3**).

Elektrische Betriebswerte (Electrical Characteristics)

Die im Datenblatt angegebenen Betriebswerte sind Grenzwerte, die unter Betriebsbedingungen garantiert werden.

Zeitliche Anforderungen (Timing Requirements)

Der Hersteller garantiert das Funktionieren des Bauelementes unter den angegebenen zeitlichen Anforderungen. Angegebene Impulsdiagramme sind immer unmaßstäblich.

Schaltzeiten (Switching Characteristics)

Die Schaltzeitangaben geben an, wie schnell das Bauelement auf Änderungen an den Eingängen reagieren wird.

Schaltkreisprüfung (Parameter Measurement Information)

Die meisten Datenblätter enthalten zu den Tabellen eine Kurzdarstellung der Prüfbedingungen.

Datenblätter enthalten die umfassenden Daten von Bauelementen der Hersteller und sind wichtige Informationsquellen für den Anwender.

Tabelle 1: Symbole in Funktionstabellen

H	High-Pegel
L	Low-Pegel
↑	Übergang von L nach H
↓	Übergang von H nach L
→	Der Wert/Pegel gelangt an das angegebene Ziel
←	Der Wert/Pegel wird wieder zurückgeführt
X	Unwesentlich (irrelevant, don't care)
Z	Hochohmiger Zustand (HI-Z)
a ... h	Aktuelle Pegel der Eingänge A bis H
Q ₀	Pegel von Q vor dem Wirksamwerden der angegebenen statischen Eingangsbelastungen
Q _n	Pegel von Q vor dem aktuellen Zustandsübergang, der durch ↑ oder ↓ bezeichnet wird
	Ein H-Impuls
	Ein L-Impuls
TOGGLE	Die Ausgänge wechseln bei jedem Zustandsübergang in den jeweils anderen Pegel

Tabelle 2: Absolute Grenzwerte

V _{CC}	Supply Voltage (maximale Speisespannung)
V _I	Input Voltage (Eingangsspannung)
V _O	Output Voltage (Ausgangsspannung)
I _O	Continuous Output Current (kontinuierlicher Ausgangsstrom)
STR	Storage Temperature Range (Bereich der Lagertemperatur)

Tabelle 3: Betriebsbedingungen

V _{CC}	Supply Voltage (im angegebenen Bereich ist die Funktion gewährleistet)
V _I , V _O	Input Voltage, Output Voltage (zulässige Spannungsbereiche für sichere Funktion)
I _{OH} , I _{OL}	Höchstzulässige Ausgangsströme bei garantiertem HI/LO-Spannungsspeigel
V _{IH} , V _{IL}	Eingangsspegel, jeweils mit Max- und Min-Angaben
T _{AMin} , T _{AMax}	Operating Free-Air Temperature (Temperaturbereich, in dem das Bauelement betrieben werden darf)

Die Tabellen von **Bild 1**, **Bild 2** und **Bild 3** zeigen die Bemessungsgrößen des Bauelementes vom Typ SN 74 HC1G00 (4-fach-NAND-Gatter), wie sie aus den Datenblättern entnommen werden können (siehe 16.1.1, Bild 1).

Aufgaben zu 16.1.2

- Ermitteln Sie bei dem NAND-Gatter-Bauelement SN 74 HC1G00 die absoluten Grenzwerte für a) die maximale Speisespannung, b) die maximale Eingangsspannung und c) den Temperaturbereich, in dem das Bauelement gelagert werden darf.
- Die Eingänge und die Ausgänge der NAND-Gatter des Bauelementes SN 74 HC1G00 sind mit Klammerdioden (Schutzdioden, Clamping Diodes) beschaltet, um zu große negative Spannungen zu begrenzen. Welche Grenzwerte sind für a) die Eingangsklammerströme, b) die Ausgangsklammerströme angegeben?
- Entnehmen Sie dem Datenblatt für das Bauelement 74 HC1G00 unter absoluten Grenzwerten (**Bild 1**) a) den maximalen Ausgangsstrom, b) den Versorgungsstrom und c) den minimalen Erdungsstrom.
- Geben Sie mithilfe des Datenblattes (**Bild 2**) für das Bauelement 74 HC1G00 die empfohlene Betriebstemperatur an.
- Die in **Bild 3** tabellarisch dargestellten elektrischen Betriebswerte für das Bauelement 74 HC1G00 werden vom Bauelementersteller garantiert. Ermitteln Sie für eine Versorgungsspannung von 4,5 V a) die minimalen Ausgangsspannungen für High-Pegel und b) die maximalen Ausgangsspannungen für Low-Pegel bei 2,0 mA Ausgangsstrom bei Temperaturbereich -40°C bis $+125^{\circ}\text{C}$.
- Bestimmen Sie aus **Bild 3** den maximalen Strom, der durch einen Eingang eines NAND-Gatters bei den Eingangssignalen GND (für Low) und V_{cc} (für High) fließt.

8. Limiting values

Table 5. Limiting values

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Voltages are referenced to GND (ground = 0 V). [1]

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
V_{cc}	supply voltage		-0.5	+7.0	V
I_{IK}	input clamping current	$V_{\text{i}} < -0.5 \text{ V}$ or $V_{\text{i}} > V_{\text{cc}} + 0.5 \text{ V}$	-	± 20	mA
I_{OK}	output clamping current	$V_{\text{o}} < -0.5 \text{ V}$ or $V_{\text{o}} > V_{\text{cc}} + 0.5 \text{ V}$	-	± 20	mA
I_{o}	output current	$-0.5 \text{ V} < V_{\text{o}} < V_{\text{cc}} + 0.5 \text{ V}$	-	± 12.5	mA
I_{cc}	supply current		-	25	mA
I_{GND}	ground current		-25	-	mA
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^{\circ}\text{C}$
P_{tot}	total power dissipation	$T_{\text{amb}} = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$	[2]	200	mW

[1] The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.

[2] Above 55°C , the value of P_{tot} derates linearly with $2.5 \text{ mW}/\text{K}$.

Bild 1: Absolute Grenzwerte

9. Recommended operating conditions

Table 6. Recommended operating conditions
Voltages are referenced to GND (ground = 0 V).

Symbol	Parameter	Conditions	74HC1G00			74HCT1G00			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{cc}	supply voltage		2.0	5.0	6.0	4.5	5.0	5.5	V
V_{i}	input voltage	0 - V_{cc}	0	-	V_{cc}	0	-	V_{cc}	V
V_{o}	output voltage	0 - V_{cc}	0	-	V_{cc}	0	-	V_{cc}	V
T_{amb}	ambient temperature		-40	+25	+125	-40	+25	+125	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta t/\Delta V$	input transition rise and fall rate	$V_{\text{cc}} = 2.0 \text{ V}$ $V_{\text{cc}} = 4.5 \text{ V}$ $V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$	-	-	625	-	-	-	ns/V
			-	-	139	-	-	139	ns/V
			-	-	83	-	-	-	ns/V

Bild 2: Empfohlene Betriebsbedingungen

10. Static characteristics

Table 7. Static characteristics
Voltages are referenced to GND (ground = 0 V). All typical values are measured at $T_{\text{amb}} = 25^{\circ}\text{C}$.

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$			-40°C to $+125^{\circ}\text{C}$			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
For type 74HC1G00									
V_{IH}	HIGH-level input voltage	$V_{\text{cc}} = 2.0 \text{ V}$ $V_{\text{cc}} = 4.5 \text{ V}$ $V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$	1.5	1.2	-	1.5	-	-	V
			3.15	2.4	-	3.15	-	-	V
			4.2	3.2	-	4.2	-	-	V
V_{IL}	LOW-level input voltage	$V_{\text{cc}} = 2.0 \text{ V}$ $V_{\text{cc}} = 4.5 \text{ V}$ $V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$	-	0.8	0.5	-	0.5	-	V
			-	2.1	1.35	-	1.35	-	V
V_{OH}	HIGH-level output voltage	$V_{\text{i}} = V_{\text{IH}}$ or V_{IL} $I_{\text{o}} = -20 \mu\text{A}; V_{\text{cc}} = 2.0 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = -20 \mu\text{A}; V_{\text{cc}} = 4.5 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = -20 \mu\text{A}; V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = -2.0 \text{ mA}; V_{\text{cc}} = 4.5 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = -2.6 \text{ mA}; V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$	1.9	2.0	-	1.9	-	V	
			3.15	2.4	-	3.15	-	-	V
			4.2	3.2	-	4.2	-	-	V
V_{OL}	LOW-level output voltage	$V_{\text{i}} = V_{\text{IH}}$ or V_{IL} $I_{\text{o}} = 20 \mu\text{A}; V_{\text{cc}} = 2.0 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = 20 \mu\text{A}; V_{\text{cc}} = 4.5 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = 20 \mu\text{A}; V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = 2.0 \text{ mA}; V_{\text{cc}} = 4.5 \text{ V}$ $I_{\text{o}} = 2.8 \text{ mA}; V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$	-	0	0.1	-	0.1	V	
			-	0	0.1	-	0.1	-	V
			-	0	0.1	-	0.1	-	V
			-	0.15	0.33	-	0.4	-	V
			-	0.16	0.33	-	0.4	-	V
I_{f}	input leakage current	$V_{\text{i}} = V_{\text{cc}}$ or GND; $V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$	-	-	1.0	-	-	1.0	μA
I_{cc}	supply current	$V_{\text{i}} = V_{\text{cc}}$ or GND; $I_{\text{o}} = 0 \text{ A}$; $V_{\text{cc}} = 6.0 \text{ V}$	-	-	10	-	-	20	μA
C_{i}	input capacitance		-	1.5	-	-	-	-	pF

Bild 3: Elektrische Betriebswerte

16.1.3 Umgang mit Datenblättern von Spannungsreglern und Timer-Bausteinen

Lineare Spannungsregler erzeugen stabile Gleichspannungen mit niedrigem Temperaturkoeffizienten im Bereich von 1,2 V bis 37 V.

Aufgaben zu 16.1.3

- Ein Spannungsregler nach Datenblattauszug **Bild 1** soll bei einer Eingangsspannung von 15 V für eine Ausgangsspannung von 12 V bemessen werden. Berechnen Sie a) das Verhältnis R_2/R_1 , b) den Widerstand R_2 für $I_{ADJ} \approx 50 \mu A$.
- Entnehmen Sie dem Datenblattauszug **Bild 2** die Werte für a) den maximal möglichen Ausgangsstrom, b) die prozentuale maximale Abweichung der Ausgangsspannung, c) die kleinste regelbare Ausgangsspannung.
- Multivibratorschaltung mit Timer-Baustein und den Eigenschaften: bipolar, Versorgungsspannung 12 V, Zeitbereich 300 s, fallende Triggerflanke. Entnehmen Sie der Vergleichstabelle **Tabelle 1** den geeigneten Baustein.
- Eine astabile Kippstufe lässt sich mit einem Timer-Baustein realisieren. Die Periodendauer soll 40 μs betragen und der Energiebedarf soll möglichst gering sein. Entnehmen Sie der **Tabelle 1** den geeigneten Baustein.
- Im Datenblatt einer wahlweise monostabilen/astabilen Kippstufe nach **Bild 3** wird die Beschaltung durch die Verbindung der Pins 4, 14, sowie 5, 6, 7, 9, 12 angegeben. a) Um welche Betriebsart handelt es sich? b) An welche Anschlüsse muss das RC-Glied angeschlossen werden? c) Welche Ausgangssignale stehen zur Verfügung?

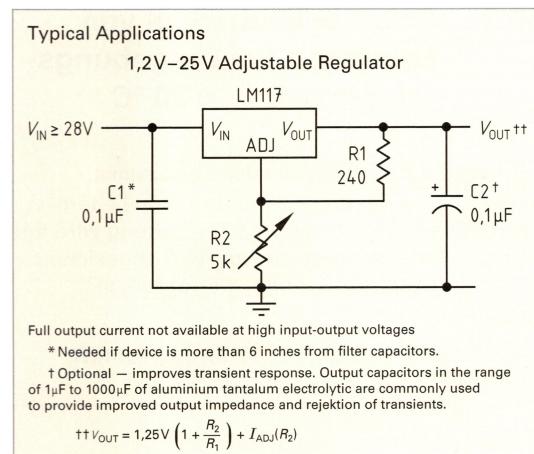


Bild 1: Linearer Spannungsregler (Datenblattauszug)

Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01 %/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5 A output current
- Adjustable output down to 1.2 V
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

Bild 2: Merkmale eines Spannungswandlers

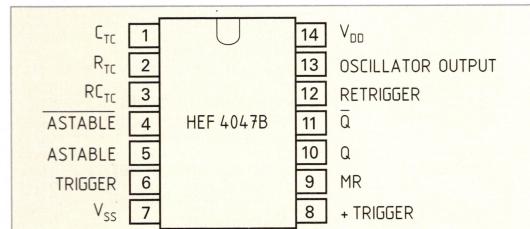


Bild 3: Datenblattauszug einer Kippstufe

Tabelle 1: Vergleich von Timer-Bausteinen nach Datenblattauszügen

Typ	...555	...7555	XR 2240	XR 2242	ZN 1034
Technologie	Bipolar	CMOS		Bipolar	
Funktion (Zeitbasis)	RC-Kippschaltung		RC-Kippschaltung und Zähler		
Zeitbereich	10 μs – 1 h			1 ms – 24 h	
Betriebsspannung	4,5 – 16 V	3 – 16 V		4 – 18 V	5 – 500 V
Strombedarf	3 – 15 mA	0,1 – 0,3 A		3 – 20 mA	5 – 50 mA
Wiederholgenauigkeit	1 %	2 %		1 %	0,01 %
Temperaturdrift	50 · 10 ⁻⁶ /K			200 · 10 ⁻⁶ /K	100 · 10 ⁻⁶ /K
Triggerflanke	fallend			steigend	fallend
Max. Kippfrequenz	0,2 MHz	0,5 MHz	—	—	—

16.2 Strombelastbarkeit von Leitungen bei Umgebungs-temperatur $\vartheta_u = 30^\circ\text{C}$

Beispiel 1: Leiterquerschnitt bestimmen

Eine Leitung mit drei stromführenden Leitern wird auf einer Wand verlegt. Die Leitung wird mit einem Bemessungsstrom von 16 A abgesichert. Welcher Leiterquerschnitt ist erforderlich?

Lösung:

Aus Tabelle 1: **Gruppe C, Leiterquerschnitt 1,5 mm².**

○	Aderleitung	○	Stegleitung
○○	Mantelleitung	○○	Elektroinstallationsrohr
○○○	Mantelleitung	○○○	Elektroinstallationsrohr

Bild 1: Verlegungsarten

Aufgaben zu 16.2

- In einem Elektroinstallationsrohr (Bild 1) sind drei Leiter mit einem Leiterquerschnitt von 2,5 mm² verlegt worden.
 - Für welchen Bemessungsstrom muss abgesichert werden?
 - Wie groß ist die Belastbarkeit bei $\vartheta = 30^\circ\text{C}$?
- Eine Leitung mit zwei stromführenden Leitern wird in einer gedämmten Decke verlegt. Die Leitung wird mit einem Bemessungsstrom von 16 A abgesichert.
 - Welcher Leiterquerschnitt ist erforderlich?
 - Wie groß ist die Belastbarkeit bei $\vartheta = 30^\circ\text{C}$?

Tabelle 1: Strombelastbarkeit von Leitungen mit PVC-Isolierung

Gruppe, Verlegeart	Verlegung, Wärmeabfuhr	An- zahl der Leiter	Bemessungsquerschnitte stromführender Leiter in mm ²									
			1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	
			Strombelastbarkeit I_f in A von Kupferleitern mit Betriebstemperatur $\vartheta_B \leq 70^\circ\text{C}$									
Bemessungsstrom der Überstromschutzeinrichtung in A												
A1	Verlegung in Wänden, Decken oder Fußböden mit wärmedämmenden Materialien. Sehr schlechte Wärmeabfuhr.	2	15,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151
			13	16	25	32	40	50	80	80	100	125
		3	13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136
			13	16	20	25	40	50	63	80	100	125
B1	Verlegung auf oder in der Wand bzw. Decke oder unter Putz in Elektroinstallationsrohren oder -kanälen. Mäßige Wärmeabfuhr.	2	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192
			16	20	32	40	50	63	100	125	125	160
		3	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171
			13	20	25	35	50	63	80	100	125	160
B2	Verlegung auf oder in der Wand bzw. Decke oder auf dem Fußboden in Elektroinstallationsrohren oder -kanälen. Mäßige Wärmeabfuhr.	2	16,5	23	30	38	52	69	90	111	133	168
			15	20	25	35	50	63	80	100	125	160
		3	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149
			13	20	25	32	40	50	80	80	100	125
C	Verlegung auf Wand, Decke oder Fußboden, in oder unter Putz, auch im offenen oder belüfteten geschlossenen Elektroinstallationskanal. Gute Wärmeabfuhr.	2	19,5	27	36	46	63	85	112	136	168	213
			16	25	35	40	63	80	100	125	160	200
		3	17,5	24	32	41	57	76	96	119	144	184
			16	20	32	40	50	63	80	100	125	160

16.3 Überstromschutzeinrichtungen

■ Beispiel 1: Abschaltzeit bestimmen

Bei einem DO-System hat der Kennmelder die Farbe Grau. Nach welcher Zeit t unterbricht die Sicherung spätestens den Strom $I = 80 \text{ A}$?

Lösung:

Aus Bild Strom-Zeit-Kennlinien (Tabelle 1):

Im Kennlinienfeld für 16 A ablesen $\Rightarrow t = 1 \text{ s}$

■ Beispiel 2: Leitungsschutzschalter LS

Bei welchem Strom I wirkt bei einem LS-Schalter die elektromagnetische Schnellauslösung?

Lösung:

Aus Bild Auslösekennlinien (Tabelle 2):

Bei $t_a = 0,2 \text{ s}$ muss der 5-fache Bemessungsstrom fließen.

$$\Rightarrow I_a = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 13 \text{ A} = 65 \text{ A}$$

Tabelle 1: Schmelzsicherungen

Ansicht, Schaltung	Daten, Bemerkungen			Kennlinien
DIAZED (D-System)-Schmelzeinsatz	Bemes-sungs-strom in A	Farbe des Kenn-melders	Größe Schmelz-einsatz System D D0	Strom-Zeit-Kennlinien
	Bemessungsspannung: AC 660 V, DC 500 V	2	Rosa	
		4	Braun	
		6	Grün	
		10	Rot	
		16	Grau	
		20	Blau	
		25	Gelb	
		35	Schwarz	
		50	Weiß	
		63	Kupfer	
NEOZED (DO-System)-Schmelzeinsatz	D III	D 02		

Tabelle 2: Leitungsschutzschalter

Ansicht, Schaltung	Daten, Bemerkungen		Kennlinien
 Typschild beim LS-Schalter Kenngroße (gerundeter Wert des kleinen Prüfstromes) Auslöscharakteristik	Bemessungsströme in A von LS-Schaltern: 2, 4, 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63		
 Leitungsschutzschalter	Auslöse-charakteristik	Auslösung bei $I = n \cdot I_n$	

16.4 Kleintransformatoren

Bei Kleintransformatoren ist die Leistung kleiner 3 kVA und die Eingangsspannung kleiner 1000 V (Bild 1).

Beispiel 1: Transformator dimensionieren

Dimensionieren Sie für einen Kleintransformator 230 V/24 V, Belastung 280 W bei $\cos \varphi = 1$ a) Kern, b) Eingangswicklung, c) Ausgangswicklung.

Lösung:

$$\text{a) Ausgangsleistung } S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{280 \text{ VA}}{1} = 280 \text{ VA.}$$

Eine Eingangswicklung und eine Ausgangswicklung

Tabelle 1 \Rightarrow Kern EI 130b erforderlich.

b) Eingangswicklung:

$$N_1 = 2,52 \frac{1}{V} \cdot 230 \text{ V} = 580; S_{zu} = \frac{S}{\eta} = \frac{280 \text{ VA}}{0,9} = 308 \text{ VA}$$

$$I_1 = \frac{S_{zu}}{U} = \frac{308 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 1,34 \text{ A}; J_1 = 1,7 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$A_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{1,34 \text{ A}}{1,7 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 0,788 \text{ mm}^2; d_1 \approx 1 \text{ mm}$$

$$\text{c) Ausgangswicklung: } N_2 = 2,65 \frac{1}{V} \cdot 24 \text{ V} \approx 64;$$

$$I_2 = \frac{S}{U} = \frac{280 \text{ VA}}{24 \text{ V}} = 9,6 \text{ A}; J_2 = 2,1 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

$$A_2 = \frac{I_2}{J_2} = \frac{9,6 \text{ A}}{2,1 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 4,36 \text{ mm}^2; d_2 \approx 2,7 \text{ mm}$$

$P = S \cdot \cos \varphi$	$S = \eta \cdot S_{zu}$
$J = \frac{I}{A}$	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
A Leiterquerschnitt	S_{zu} zugeführte Scheinleistung
d Drahtdurchmesser	η Wirkungsgrad
I Strom	$\cos \varphi$ Wirkfaktor
J Stromdichte	Indizes 1 innen, Eingang
N Windungszahl	Indizes 2 außen, Ausgang
P Wirkleistung	
S Scheinleistung	

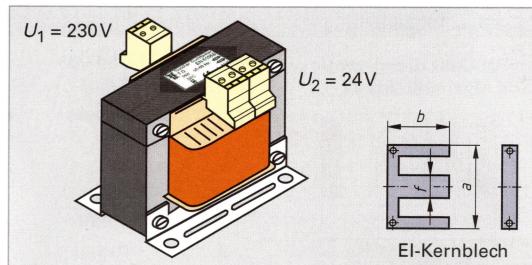


Bild 1: Einphasentransformator und Kernblechform

Aufgaben zu 16.4

- Ermitteln Sie für einen Kleintransformator 230 V/24 V, Belastung 120 W bei $\cos \varphi = 1$ den Kern und die Wicklungen.
- Dimensionieren Sie für einen Kleintransformator 230 V/48 V, Belastung 62 W bei $\cos \varphi = 1$, den Kern und die Wicklungen.

Tabelle 1: Berechnungstabelle für M-Kernbleche und EI-Kernbleche für $\hat{B} = 1,2 \text{ T}$

Bemessungsleistung ¹ bei 1 Eingangswicklung und bis 2 Ausgangswicklungen in VA	4,5	12	26	48	62	120	180	230	280	350	420	500
Bemessungsleistung ¹ bei mehr Wicklungen in VA	3	9	12	40	52	100	160	210	260	320	380	460
Kern	M	M	M	M	M	M	EI	EI	EI	EI	EI	EI
Maß a in mm	42	55	65	74	85	102a	102b	130a	130b	150a	150b	150c
Kernbreite f in mm	42	55	65	74	85	102	102	130	130	150	150	150
Pakethöhe in mm	12	17	20	23	29	34	34	35	35	40	40	40
Eisenguerschnitt bei Füllfaktor 0,9 in cm^2	15	20	27	32	32	35	52	35	45	40	50	60
nutzbare Fensterhöhe in mm	1,6	3,0	4,9	6,7	8,4	11	16	11	14	14	18	21
nutzbare Fensterbreite in mm	6,5	7,5	9	10	9	12	12	24	24	28	28	28
Wicklung	24	30	35	43	46	58	58	61	61	68	68	68
Eingangswicklung ² : Windungen/V	19,5	10,9	7,05	5,23	4,18	3,26	2,19	3,22	2,52	2,48	1,98	1,66
Ausgangswicklung ² : Windungen/V	29,1	13,53	8,13	5,81	4,58	3,50	2,30	3,44	2,65	2,60	2,08	1,72
Wirkungsgrad	0,6	0,7	0,77	0,83	0,84	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94
Stromdichte J_1 innen in A/mm^2	4,6	3,9	3,4	3,1	3,0	2,5	2,3	1,7	1,7	1,5	1,5	1,4
Stromdichte J_2 außen in A/Jmm^2	5,3	4,4	3,7	3,4	3,4	2,8	2,7	2,2	2,1	1,9	1,9	1,8
mittlere Windungslängen in mm												
innere Hälfte	73	95	120	140	150	170	205	200	220	230	250	270
äußere Hälfte	98	125	150	180	185	215	250	280	300	325	345	365
ganz außen	111	138	167	200	203	235	270	320	340	370	390	410

¹ Bei Gleichrichtertransformatoren Bauleistung P_T ² Die Windungszahlen gelten bei Wirkleistungsbelastung.

17 Rechnungswesen und Controlling

17.1 Arbeiten mit EXCEL

Rechenoperationen werden mit EXCEL® immer mit Formeln durchgeführt. Eine Formel verknüpft Zahlen oder auch Zahlenwerte aus Zellen einer Tabelle. Dazu enthält die Formel die Adressen der entsprechenden Zellen. C3 ist z.B. die Adresse der Zelle in der Spalte C und der Zeile 3. Jede Formel beginnt mit einem Gleichheitszeichen und enthält oft Rechenoperatoren (**Tabelle 1**).

Beispiel 1: Formel angeben

Geben Sie die Formel an, die die Werte der Zellen der Spalte C aus den Zellen 1 und 2 addiert.

Lösung: =C1+C2

Das Rechenergebnis dieser Formel wird in der Zelle ausgegeben, in welche die Formel einge tragen ist, z.B. in der Zelle C3 (**Bild 1**). Durch Be tätigen der Tastenkombination **Strg** und **#** wird die eingetragene Formel angezeigt (**Bild 1**). Wird ein Zahlenwert in einer Zelle verändert, deren Adresse in einer Formel steht, so wird das Ergebnis von EXCEL sofort entsprechend der Formel ange passt. Ergebnisse von Formeln können wiederum als Eingabewerte für weitere Formeln benutzt werden.

Formeln mit Funktionen

Zur Vereinfachung von Formeln verfügt EXCEL über Funktionen (**Tabelle 2**). Formeln mit Funktionen werden z.B. auf ganze Tabellenbereiche angewendet. Die Adressangabe B1:E1 fasst z.B. alle Zellen der Zeile 1 von Spalte B bis Spalte E zusammen (**Bild 2**).

Beispiel 2: Addieren mit Funktion

Addieren Sie die Zahlenwerte der Zellen B1 bis E1 aus **Bild 2** mithilfe der Summenformel und geben Sie die Summe in der Zelle F1 aus.

Lösung: Bild 2

Die Formeleingabe erfolgt in 5 Schritten:

- Ergebniszelle F1 mit der Maus anklicken,
- das Zeichen = in die Bearbeitungszeile eintragen,
- im Menü *Einfügen* die Funktion *Summe* wählen,
- in sich öffnendes Fenster den Tabellenbereich B1:E1 mit der Tastatur eintragen
- und mit **Enter** bestätigen.

Tabelle 1: Rechenoperatoren in EXCEL (Auswahl)

Zeichen	Beispiel	Erklärung
+	=C1+C2	Addiert die Inhalte der Zellen C1 und C2.
-	=C1-5	Subtrahiert 5 vom Inhalt der Zelle C1.
/	=32/4	Dividiert 32 durch 4. Man erhält 8.
*	=2*C2	Verdoppelt den Inhalt der Zelle C2.
%	=7%	Teilt 7 durch 100. Man erhält 0,07.
^	=3^2	Quadriert 3. Man erhält 9.

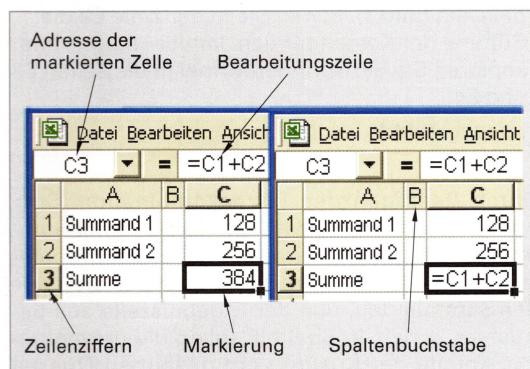


Bild 1: Summenbildung mit Formel

Tabelle 2: Funktionen in EXCEL (Auswahl)

Funktion	Beispiel	Erklärung
Summe	=SUMME(B1:E1)	Summiert alle Werte des Tabellenbereiches B1 ... E1.
Runden	=RUNDEN(2,896;2)	Rundet auf zwei Stellen nach dem Komma, also auf 2,90.
Ganzzahl	=GANZZAHL(6,93)	Bildet die Ganzzahl 6.
Mittelwert	=MITTELWERT(B1:E1)	Berechnet den Mittelwert aller Werte von B1 ... E1.

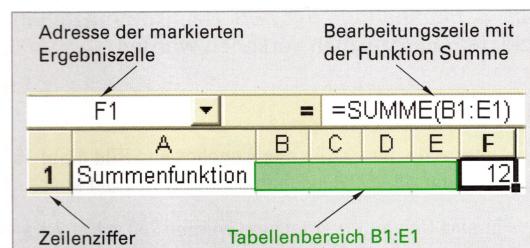


Bild 2: Summenbildung mit Funktion

Zellenadressierung in Formeln

Zellen können in einer Formel entweder indirekt adressiert oder durch Zufügen von \$-Zeichen direkt adressiert sein.

Eine Formel wird auf andere Zellen kopiert, indem man z.B. mit der Maus auf den rechten unteren Punkt im Markierungsrahmen der Ergebniszelle klickt und mit gedrückter Maustaste den Markierungsrahmen z.B. nach unten zieht (**Bild 1**).

	A	B	C	D	E	F
1	Benzinkosten	1.	2.	3.	Summe	
2	Januar in €	45	51	33	129	
3	Februar in €	41	34	48	123	
4	März in €	37	44	52	133	
5	1. Quartal					

Bild 1: Kopieren der Summenbildung

Beispiel 1: Kopieren von Formeln

Ein Autofahrer tankt drei Mal im Monat. Er trägt die Kosten für das 1. Quartal in eine EXCEL-Tabelle ein (**Bild 1**). Bilden Sie in der Zelle E2 die Summe der Kosten für den Januar (B2:D2) und kopieren Sie die Summenformel in die Zellen E3 und E4.

Lösung: **Bild 1**

Durch Betätigen der Tastenkombination **Strg** und **#** erkennt man, dass die Adressen der Summanden verändert wurden (**Bild 2**). Beim Kopieren mit indirekter Adressierung bleibt die Lage der Summanden, von der Ergebniszelle aus betrachtet, gleich. In Spalte F sollen die prozentualen Anteile der Kosten vom gesamten Quartal gebildet werden. Dazu wird zuerst in Zelle E5 mit der Formel $=\text{SUMME}(\text{E2:E4})$ die Summe für das 1. Quartal gebildet (**Bild 3**). Danach wird anteilig für den Januar in Zelle F2 der Quotient $\text{E2}/\text{E4}$ gebildet (**Bild 3**). Beim Kopieren der Formel nach unten müssen die Kosten für Februar und März jedoch auch durch die Quartalssumme aus Zelle E5 dividiert werden. Damit die Adresse dieser Zelle erhalten bleibt, wird direkt adressiert, also mit $\$E\4 (**Bild 3**).

1	Benzinkosten	1.	2.	3.	Summe	
2	Januar in €	45	51	33	=SUMME(B2:D2)	
3	Februar in €	41	34	48	=SUMME(B3:D3)	
4	März in €	37	44	52	=SUMME(B4:D4)	
5	1. Quartal					

Bild 2: Indirekte Adressierung

	A	B	C	D	E	F
1	Benzinkosten	1.	2.	3.	Summe	prozentual
2	Januar in €	45	51	33	129	33,51%
3	Februar in €	41	34	48	123	31,95%
4	März in €	37	44	52	33	34,55%
5	1. Quartal				385	

=SUMME(E2:E4)

Bild 3: Formel mit direkter Adressierung

	A	B	C	D
1	Angebot	Preis	Anzahl	Gesamtpreis
2	Computer	1.300,00 €	6	7.800,00 €
3	TFT-Bildschirme	449,50 €	6	2.697,00 €
4	Netzdrucker	400,00 €	1	400,00 €
5	Nettobetrag			10.897,00 €
6	Mehrwertsteuer			1.743,52 €
7	Angebotspreis			12.640,52 €

Bild 4: Angebot mit EXCEL

9,50 € und eine Arbeitsstunde 45 €. Erstellen Sie mit EXCEL die Rechnung.

- Ändern Sie mit EXCEL das Angebot aus **Bild 4** auf 15 Computer, 15 TFT-Bildschirme und 2 Netzdrucker ab.
- Für eine Computervernetzung wurden 200 m Kat-7-Kabel und 18 Kat-7-Stecker verwendet. Die Arbeitszeit betrug 8 h. Netto kostet 1 m Kabel 2,30 €, ein Stecker
- Zum Jahreswechsel haben sich die Preise um 3 % erhöht. Ändern Sie die Rechnung von Aufgabe 2 entsprechend ab.
- Erstellen Sie mit EXCEL folgendes Angebot für die Beschaffung von Geräten in ein Elektroniklabor: 8 Labornetzgeräte zu je 479,90 €, 16 LCR-Messgeräte zu je 298,50 €, 128 Messschnüre zu je 8,90 € und 8 Lötstationen zu je 215 €. Alle Preise sind Nettopreise.



17.2 Finanzbuchhaltung

Die Finanzbuchhaltung erfasst die Einnahmen und Ausgaben eines Unternehmens (Wertfluss) und erlaubt eine Beurteilung der Vermögenslage.

In der Bilanz eines Unternehmens werden die Vermögenswerte (Aktiva) den Kapitalwerten (Passiva) gegenüber gestellt (**Tabelle 1**). In dieser Bilanzgleichung muss die Summe der Aktiva gleich der Summe der Passiva sein.

Auf der Aktivseite wird aufgeführt, wofür das Kapital investiert wurde. Dabei wird unterschieden zwischen langfristigen Vermögensbestandteilen (Anlagevermögen), z.B. Grundstücken, Gebäuden, und kurzfristigen Vermögensbestandteilen (Umlaufvermögen), z.B. Lagerbestand, Bankguthaben.

Die vielen Geschäftsvorfälle werden in einem Journal (Tagebuch in der Buchhaltung) aufgetragen und nach einem Quartal bzw. Jahr in die neue Bilanz übernommen. Daraus können der steuerliche und betriebswirtschaftliche Gewinn ermittelt werden (**Bild 1**).

Aufgaben zu 17.2

- Ein Unternehmen ermittelt bei der Inventur: Anlagevermögen 944.824 €, offenstehende Lieferantenrechnungen 104.106 €, Umlaufvermögen 103.278 €, Hypotheken 593.214 €. a) Wie groß ist das Eigenkapital des Unternehmens? b) Erstellen Sie die Bilanz.
- Die Bilanz der Firma Maier besteht aus Grundstück und Gebäude 322.460 €, Kfz 44.167 €, sonstige Betriebs- und Geschäftsausstattung 78.964 €, Hypotheken 260.117 €, Forderungen an Kunden 287.642 €, Verbindlichkeiten an Lieferanten 46.805 €, Eigenkapital 220.000 €, Schecks 2.430 €, Bankguthaben 6.433 €, Bargeld 1.486 €. Wie groß sind ihre Warenbestände?
- Zur Ermittlung des Gewinns werden in einem Betrieb festgestellt: Verkaufserlöse 1.164.307 €, Erhöhung des Lagerbestands 56.284 €, Eigenverbrauch 12.013 €, Aufwendungen 984.488 € und kalkulatorische Kosten (Zusatzkosten) 84.207 €. Wie hoch sind a) steuerlicher Gewinn, b) betriebswirtschaftlicher Gewinn?
- Die Firma Telemobil ermittelt zum Jahresabschluss: Warenerlös 688.433 €, Erträge für Dienstleistungen 822.381 €, Minderung des Lagerbestands 64.388 €, Aufwendungen für bezogene Waren 498.908 €, für bezogene Leistungen 40.211 € und für Personal 782.482 €. Außerdem stehen 103.277 € kalkulatorische Abschreibungen als Zusatzkosten zu Buch. Der betriebswirtschaftliche Gewinn beträgt 91.078 €. Berechnen Sie a) den steuerlichen Gewinn, b) den Gesamtertrag, c) den Eigenverbrauch.

Bilanzgleichung:

$$AV + UV = EK + FK$$

Gewinn- und Verlustrechnung:

$$G_S = E - A$$

$$G_b = G_S - Z$$

$$E = V + \Delta L + E_V$$

A	Aufwendungen	G_S	steuerlicher Gewinn
A_V	Anlagevermögen	U_V	Umlaufvermögen
E	Erträge	V	Verkaufserträge
E_K	Eigenkapital	Z	Zusatzkosten
E_V	Eigenverbrauch	ΔL	Veränderung des Lagerbestands
F_K	Fremdkapital		
G_b	betriebswirtschaftlicher Gewinn		

Tabelle 1: Bilanz der Firma Media GmbH zum 31.12.2008

Aktiva	Passiva
1. Anlagevermögen	3. Eigenkapital 38.764 €
Grundstück und Gebäude 521.465 €	4. Fremdkapital
Betriebs- und Geschäftsausstattung 295.688 €	Hypotheken 464.263 €
	Verbindlichkeiten an Lieferanten 49.956 €
2. Umlaufvermögen	
Warenbestände 32.185 €	
Forderungen 38.792 €	
Bankguthaben 11.645 €	
Kassenbestand 2.086 €	
Summe 901.861 €	Summe 901.861 €

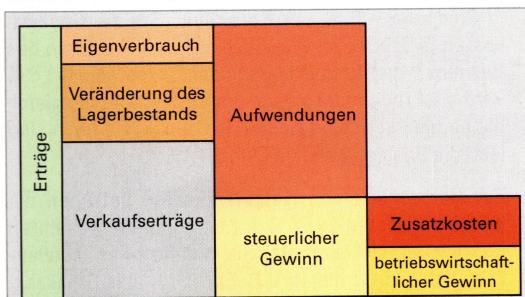


Bild 1: Ermittlung des Gewinns

17.3 Kostenrechnung

Bei der Kostenrechnung unterscheidet man die Kostenartenrechnung, die Kostenstellenrechnung und die Kostenträgerrechnung.

17.3.1 Fixe und variable Kosten

In der Kostenartenrechnung werden die in einem Zeitraum entstehenden Kosten erfasst und in die Fixkosten, z.B. Miete, Zinsen, Gehälter, Abschreibungen, und die variablen Kosten, z.B. Löhne, Fertigungsmaterial, eingeteilt. Die variablen Kosten sind von der Produktionsmenge abhängig (**Bild 1**).

$$K = K_f + m \cdot k_v$$

$$k = \frac{K_f}{m} + k_v$$

K Gesamtkosten
 K_f gesamte Fixkosten
 m Produktionsmenge
 k_v variable Kosten je Stück
 k Gesamtkosten je Stück

Fixkosten sind von der Produktionsmenge kurzfristig unabhängig, variable Kosten hängen dagegen von der Produktionsmenge ab.

Aufgaben zu 17.3.1

- Ein Betrieb hat Kosten durch Hypothekenzinsen 464 €, Fertigungsmaterial 1.832 €, Lizenzgebühren 134 €, Verpackungsmaterial 73 €, Grundsteuern 329 €, Frachtkosten 267 €, Gehälter 4.252 €, Stromkosten 417 € und Abschreibungen 2.360 €. Wie hoch sind a) die Fixkosten, b) die variablen Kosten?
- Ein Handwerksbetrieb hat in einem Monat 2.180 € Raummiete, 665 € Leasingrate für das Kfz, 9.630 € Löhne, 167 € Darlehenszinsen, 3.205 € Materialeinzelkosten, 218 € Sonderwerkzeug und 146 € Ausschreibungsgebühren. Berechnen Sie a) die Fixkosten, b) die variablen Kosten.
- Ein Betrieb stellt in einem Abrechnungszeitraum 2.780 Netzwerkkabel mit 5 m Länge her. Die Fixkosten betragen 3.940 €, die variablen Kosten je Netzwerkkabel 3,45 €. a) Wie hoch sind die Gesamtkosten für die Herstellung der Netzwerkkabel? b) Berechnen Sie die Gesamtkosten je Netzwerkkabel. c) Bei welcher Produktionsmenge des Abrechnungszeitraums betragen die Gesamtkosten je Stück 4,20 €?
- In einer Firma werden aus Einzelkomponenten im Monat 380 Computer zusammengebaut. Die Gesamtkosten dafür betragen 291.480 € und die variablen Kosten je Computer 485 €. a) Berechnen Sie die Gesamtkosten je Stück. b) Wie hoch sind die Fixkosten des Betriebs? c) Durch Erhöhung der Fixkosten um 8,5 % wird die Produktionsmenge um 15 % erhöht bei gleich bleibenden variablen Kosten je Stück. Wie hoch sind jetzt die Gesamtkosten je Computer?
- Zur Herstellung von Netzwerkkarten betragen die variablen Kosten 29,50 € je Karte und die gesamten Fixkosten 3.180 €. Erstellen Sie mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms, z.B. Excel, für eine Stückzahl 0 bis 300 in einer Schrittweite von 15 eine Tabelle mit den Spalten Stück, variable Kosten, gesamte Fixkos-

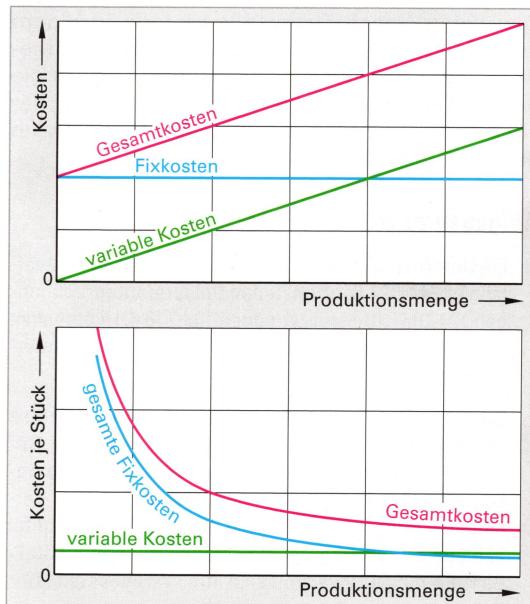


Bild 1: Kosten in Abhängigkeit der Produktionsmenge

ten, Gesamtkosten sowie Spalten für deren Kosten je Stück. Die Berechnung soll unter Verwendung geeigneter Formeln durchgeführt werden. Die gesamten Fixkosten und die variablen Stückkosten sollen in eigenen Zellen über der Tabelle stehen, auf die in den Formeln zugegriffen wird.

- Mithilfe der Tabelle aus Aufgabe 5 sind mit einem Grafikprogramm, z.B. mit dem Diagrammassistenten von EXCEL, Diagramme entsprechend **Bild 1** zu erstellen.