

1 Einleitung

Solche Code-Umsetzer werden in der Digitaltechnik vielfältig benötigt: in Rechmaschinen, in der Datenübertragung usw. Bei der maschinellen (elektronischen) Datenverarbeitung müssen die Zahlen, Ziffern, Buchstaben durch physikalische Zustandsgrößen dargestellt werden (z. B. durch Schalterstellungen, durch Spannungswerte). Hierbei ist es das Einfachste und Störungssicherste, nur mit zwei einander entgegengesetzten (komplementären) Zuständen zu arbeiten (Schalter offen/geschlossen, Spannung vorhanden/nicht vorhanden). Man arbeitet also mit der Binärtechnik.

Dazu ist es aber notwendig, die von Hand oder von Meßfühler eingeegebenen Werte (Ziffern, Zahlen, Buchstaben) in das Binärsystem umzusetzen (zu codieren).

2 Die Wahl des geeigneten Binärcodes

Es sind je nach Anwendungszweck eine Vielzahl solcher Codes entwickelt worden¹⁾. Hier sei die Umsetzung an Hand des BCD-8-4-2-1-Codes besprochen.

2.1. Der BCD-Code

[Binärcode für Dezimalziffern = binary coded decimal code]

Hier werden die Ziffern jeder Dezimalstelle für sich codiert. D. h. man braucht jeweils nur die Ziffern 0..9 binär zu verschlüsseln. Man spricht dann davon, daß die Ziffern einer Dezimalzahl einzeln binär codiert werden.

Für diese Codierung werden demnach zehn unterschiedliche Zeichenfolgen aus den Binärzeichen 1 und 0 benötigt. Wir können dafür die in Bild 1 gezeigte Code-Tabelle benutzen. Man sieht, daß zur Verschüsselung kein willkürliches Schema (etwa ähnlich dem des Morsealphabets, sondern eine methodisch aufgebaute, und zwar eine durch ein algebraisches Gesetz bestimmte Codierung benötigt wird.

Der Minimalaufwand an Binärelementen für diese Codierung beträgt je Dezimalstelle 4 bit²⁾. Deshalb spricht man von Tetradencodes. Eine Dezimalstelle wird in eine Tetrade umgesetzt.

Beispiel für eine solche Codierung zeigt die Tabelle.

Codierbeispiel

2358	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	
	Tetrade 4				Tetrade 3				Tetrade 2				Tetrade 1			
Übertragungsleitungen	D ₁	C ₁	B ₁	A ₁	D ₃	C ₃	B ₃	A ₃	D ₂	C ₂	B ₂	A ₂	D ₄	C ₄	B ₄	A ₄
	4 Bit				4 Bit				4 Bit				4 Bit			

3 Die Codierschaltung

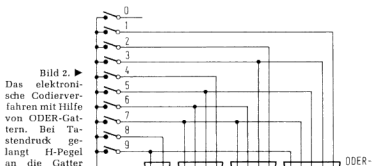
Man arbeitet hier z. B. mit ODER-Gattern. Ein Beispiel bringt Bild 2. Die Schaltung ist leicht zu übersehen. Wird z. B. die Taste 5 gedrückt, so wird der H-Pegel sowohl an das Gatter A als auch an das Gatter C gelegt. Am Ausgang von beiden Gattern

¹⁾ Elektronik-Arbeitsblätter (EAB) Bd. 11, 8.9-4, Franzis-Verlag.
²⁾ 1 bit ist die Nachrichtenmenge eines binären Elements, engl. binary digit, d. h. zweiwertige Ziffer, bit (Kleingeschrieben) bei Verwendung als Maßeinheit für den Informationsinhalt, Bit (großgeschrieben) zur Kennzeichnung des Aufwandes (Zahl der Leitungen, Speicher).

Dezimalziffer (Denarziffer)	BCD / 8-4-2-1				Code, 4 bit Code				Wertigkeit	8	4	2	1
	D	C	B	A	D	C	B	A					
	Bit 4 = 2 ³	Bit 3 = 2 ²	Bit 2 = 2 ¹	Bit 1 = 2 ⁰									
0	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	0	0	0	0	0	0	0	1					
2	0	0	0	1	0	0	0	0					
3	0	0	0	1	1	0	0	0					
4	0	0	1	0	0	0	0	0					
5	0	0	1	0	1	0	0	0					
6	0	0	1	1	0	0	0	0					
7	0	0	1	1	1	0	0	0					
8	1	0	0	0	0	0	0	0					
9	1	0	0	0	1	0	0	0					

erscheint also der H-Pegel³⁾. Die Gatter 2 und 4 dagegen liefern am Ausgang den L-Pegel, denn ihre sämtlichen Eingangsleitungen kommen von nicht gedrückten Tasten, führen also den Pegel L.

Wird die Taste mit der Ziffer 0 gedrückt, erhält kein Gatter in seinen Eingängen ein „H“, folglich liefern alle Ausgänge den Pegel L.

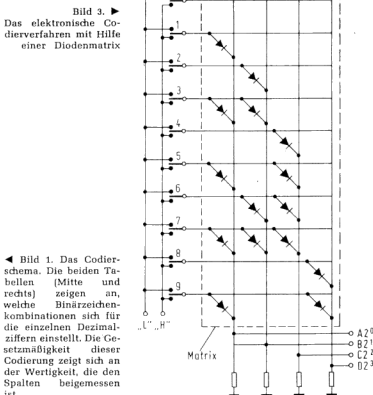


Eine zweite Lösung zeigt Bild 3. Hier wird eine Diodenmatrix verwendet. Beim Drücken einer Taste wird der Signalwert H über Dioden auf die Leitungen A, B, C, D gegeben. Z. B. erscheint beim Drücken der Taste „5“ sowohl auf der A-Leitung, als auch auf der C-Leitung ein H-Signal. Es entsteht die Binärzeichen-Kombination 0 1 0 1.

4 Die Speicherschaltung

Die auf diese Weise an den Ausgängen der Gatter erzeugten Pegel sind nun nur solange vorhanden, als die Taste gedrückt ist. Man muß also die durch einen Tastendruck erzeugte Kombination von Binärzeichen speichern. Denn die Tasten werden zu beliebi-

³⁾ Hierzu eine kleine Hilfe, um die Funktion schnell zu übersehen liegt am ODER-Gatter an einem der Eingänge H (oder die 1), erscheint am Ausgang H (oder die 1). Liegt am UND-Gatter an einem der Eingänge L (oder die 0), erscheint am Ausgang L (oder die 0).



◀ Bild 1. Das Codierschema. Die beiden Tabellen (Mitte und rechts) zeigen an, welche Binärzeichenkombinationen sich für die einzelnen Dezimalziffern einstellen. Die Gesetzmäßigkeit dieser Codierung zeigt sich an der Wertigkeit, die den Spalten beigemessen ist

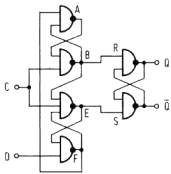


Bild 4. Beispiel einer D-Kipperschaltung [2] (Typ SN 7474 N)

Bild 5. ▶
 Signalfolgeplan oder Impulsdiagramm für eine D-Kipperschaltung nach Bild 4. Immer dann, wenn der Taktimpuls von L nach H geht, kann ein an Eingang D anliegender, gesänderter Zustand in dem Speicher übernommen, also das Signal am Q-Ausgang geändert werden

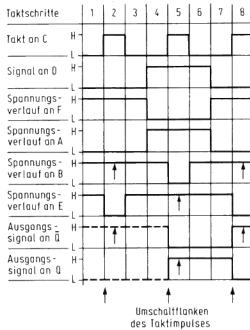


Bild 6. ▶
 Die Arbeitsmatrix einer D-Kipperschaltung kann L oder H bedeuten [3] (vereinfacht)

D	G						
X	L						
L	H						
H	H						
						H	L
							Q

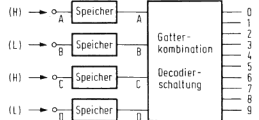


Bild 7. Blockschaltung für eine Decodierung von binär in dezi/decimal

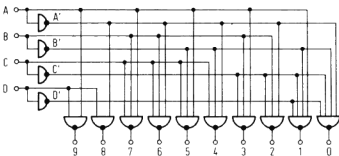


Bild 8. Decodierung mit NAND-Gattern [2]. Ein H-Signalerwert an den Eingängen A, B, C, D erzeugt einen L-Wert an den Ziffern-Ausgängen

gen Zeitpunkten und nur kurzzeitig gedrückt. Die Datenverarbeitung verlangt aber diese Zeichenkombination zu festgelegten Zeitpunkten und sie benötigt sie auch über eine bestimmte, wenn auch kleine Zeitspanne. Außerdem können beim raschen Anschlagen einer Taste Störimpulse durch Kontaktsprellen entstehen. Man muß also dafür sorgen, daß die Zeichenkombination erst dann weiterverarbeitet wird, wenn diese Störspannungen abgeklungen sind.

Als Beispiel für eine für diesen Zweck geeignete Speicherschaltung sei die D-Kipperschaltung (D₀-Flipflop) betrachtet. Bild 4 zeigt ihre Schaltung, Bild 5 den zeitlichen Ablauf. Immer dann, wenn der Taktimpuls an G von L auf H geht, wird das am Signaleingang D anliegende Zeichen in das RS-Flipflop (latched) gesetzt und erscheint am Ausgang Q.

Solange am Takteingang der Signalpegel L anliegt, bleibt jede Änderung an D ohne Einfluß. Die von der Taste gelieferte Zeichenkombination wird also nur zu einem durch das Taktsignal genau festgelegten Zeitpunkt in den Speicher übernommen, wird für eine definierte Zeit gespeichert und zu einem gegebenen Zeitpunkt gelöscht.

Es ist selbstverständlich, daß für jede der aus den vier Gattern abgehenden Leitungen eine solche Speicherschaltung erforderlich ist.

Die Matrix für ein solches D-Flipflop zeigt Bild 6. Die Zeilen 2 und 3 beschreiben den Speichervorgang, denn in ihnen hat der Taktimpuls G den Signalwert H.

Hat das Signal D den Wert H, wird H in den Speicher gesetzt, an Q erscheint H. (Man geht in der 3. Zeile von H, H nach rechts bis zum schraffierten Feld und von dort nach unten. Hier liest man ab, daß sich am Ausgang Q der Signalwert H einstellt.)

Hat das Signal D den Wert L, wird L in den Speicher gesetzt, an Q erscheint L (Zeile 2).

Hat das Signal D den Wert L oder H und der Taktimpuls den Wert L, ändert sich nichts am Q-Wert, auch wenn sich das D-Signal ändert. Denn die in Zeile 1 liegenden Felder sind beide schraffiert. Es ist also am Ausgang Q sowohl der Signalwert H als auch der Signalwert L möglich.

An den Taktschritten 4 und 5 sei das Entstehen von Bild 5 demonstriert.

Schritt 4: G = L, D = H. Folglich ist B = H, E = H, F = L, A = H. Q ist (von den früheren Schritten her) = L.

Schritt 5: G = H, D = H. Folglich ist B = L, E = H, F = L, A = H. Wegen der Konfiguration B = L, E = H kippt die RS-Schaltung, so daß an Q der Pegel H steht.

Im Signalspannungsverlauf sind für die Spannungen an den Klemmen B, E und Q, Q̄ Pfeile eingetragen. Sie sollen deutlich machen, wie die Spannungen an Q, Q̄ von den Spannungen an B, E abhängen.

5 Die Decodierung

Hier läuft der Vorgang in umgekehrter Reihenfolge ab (Bild 7). Die nur kurze Zeit verfügbare binäre Zeichenkombination (z. B. LHLH ≙ 0101) wird auf vier Speicher gegeben und dort festgehalten. Die vier Speicherausgänge liegen an den Eingängen ABCD der Gatterkombination. Bild 8 zeigt ein Beispiel für eine Decoderschaltung von BCD 8—4—2—1 auf Dezimal. Wir verfolgen die binäre Signalkombination LHLH.

Das Gatter 5 erhält in seinem Eingang

- H von Eingang A,
- H von Eingang B',
- H von Eingang C.

Folglich erscheint an seinem Ausgang L, während auf allen anderen Ausgängen der Signalpegel H steht.

Literatur

- [1] Doktor, F., und Steinhilber, J.: Digitale Elektronik in der Meßtechnik und Datenverarbeitung. Philips Fachbücher, Deutsche Philips-G.m.b.H., Hamburg.
- [2] TTL Kochbuch, Texas Instruments Deutschland G.m.b.H., Applikationslabor, Freising.
- [3] Elektronik-Arbeitsblatt Nr. 86 Arbeitsmatrizen für Digital-Folgeschaltungen.
- [4] EAB Bd. 11, Es 01, Es 02.