

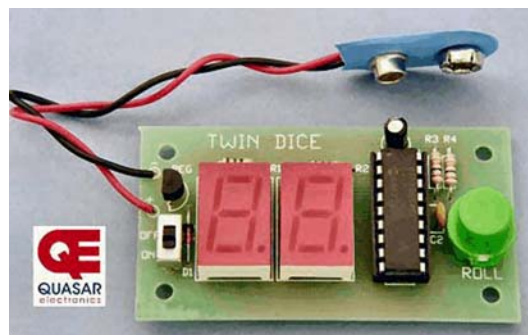
# Entwickeln mit Mikrocontrollern (Hardware und Software)

## Aufgabensammlung 1

Stand: 01 vom 28. 2. 07

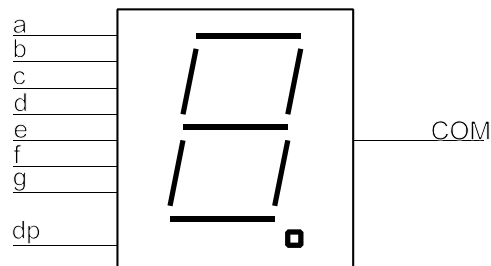
1. Der elektronische Würfel ist ein weithin beliebtes Übungsobjekt, um in die Mikrocontrollerentwicklung einzusteigen (Abb. 1). Unser Vorhaben soll derartige Geräte übertreffen. Entwerfen Sie die Hardware eines solchen Apparates gemäß folgender Spezifikation:

- zwei Siebensegmentanzeigen. Dezimalpunkte werden nicht verwendet.
- eine Taste zum Würfeln (ROLL),
- fünf Betriebsarten:
  1. einfacher Würfel (1...6)
  2. doppelter Würfel (auf jeder der beiden Anzeigen 1...6)<sup>1)</sup>
  3. Würfel 1...12 (Dodekaeder)<sup>1)</sup>
  4. Würfel 1...20 (Ikosaeder)<sup>1)</sup>
  5. Lottozahlengenerator (1...49). Er sollte sich die bereits gezogenen Zahlen merken und nicht erneut ziehen...



**Abb. 1** Ein besserer elektronischer Würfel – mit zwei unabhängigen Würfelfunktionen (Quasar Electronics). Für den Anfang nicht schlecht – aber man kann es noch besser machen...

Die Anzeigen sind LEDs (Abb. 2). Entwickeln Sie eine Lösung, die mit möglichst wenigen I/O-Anschlüssen auskommt. Wählen Sie die am besten geeignete LED-Bauform aus (gemeinsame Katode oder Anode?). Lassen Sie sich etwas einfallen, wie man die Betriebsart einstellen kann (dabei an die Kosten und an den mechanischen Aufwand denken...).



**Abb. 2** Siebensegmentanzeige

1): Praktische Anwendung: in verschiedenen Strategie- und Rollenspielen.

2. Wir lösen die Aufgabe 1 noch einmal, verwenden aber LCD-Anzeigen mit Einzelsegmentansteuerung (glass-only; kein Multiplexbetrieb). Welche Sonderaufgabe muß bei Einsatz von LCD-Anzeigen zusätzlich erledigt werden? Wir wollen den Scherzartikel in großen Stückzahlen herstellen. Somit liegt auch die Anfertigung eines anwendungsspezifischen LCD-Displays im Bereich der Möglichkeiten. Wie würden Sie unter dieser Bedingung die Betriebsartenwahl auslegen?
3. Erklären Sie kurz, weshalb es schiefgeht, wenn man die Belegung eines E-A-Ports unmittelbar nach einer Ausgabe wieder einliest (z. B. Befehlsfolge OUT Port X, IN Port X).
4. Es folgt ein Ausschnitt aus einem C-Programm. Skizzieren Sie die Belegung des Stack Frame unmittelbar vor dem Eintritt in den eigentlichen Funktionskörper. Geben Sie an, worauf Frame Pointer und Stackpointer zeigen. Zugriffsbreite des Stacks: 32 Bits. Datentypen: int und float = 32 Bits, double = 64 Bits.

Deklaration einer Funktion:

```
float WEIGHT (int COUNT, float
VOLUME);
{
int A, C;
double B;

...

return (C);
}
```

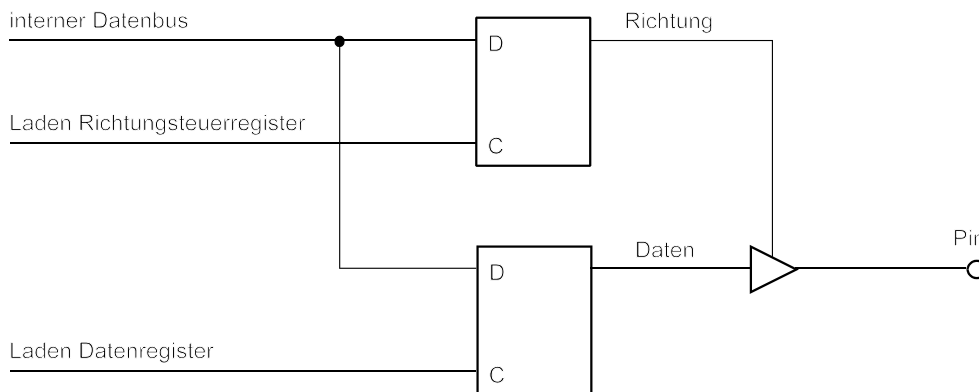
Jetzt wird die Funktion aufgerufen:

```
...

ALPHA = WEIGHT (BETA, GAMMA);
```

5. Ein Mikrocontroller soll 24 Ausgänge ansteuern. Die Ausgangsbelegung soll auf einen Schlag wirksam werden (alle 24 Bits auf einmal). Es stehen aber nur ein 8-Bit-Port für die Daten sowie maximal 4 Steuersignale zur Verfügung. Geben Sie ein entsprechendes Blockschaltbild an (Mikrocontroller + Register, Gatter usw.).
6. In gewissen Programmiererkreisen gelten globale Variable als unvornehm. Weshalb eine Iterationsschleife formulieren, wenn es auch mit rekursiven Funktionsaufrufen geht (ist doch viel eleganter...). Welchen Nachteil handelt man sich aber durch einen derart schicken Programmierstil ein?
7. Leuchtdioden kann man sowohl über übliche Logikschaltkreise als auch über spezielle Treiberschaltkreise ansteuern. Logikschaltkreise sind typischerweise billiger. Welchen grundsätzlichen Nachteil hat aber diese Art der Ansteuerung?
8. Erläutern Sie kurz den Fachbegriff preemptives Multitasking. Welche Vorkehrungen muß die Hardware aufweisen, damit dieses Prinzip verwirklicht werden kann?

9. Es geht um einen üblichen E-A-Port mit Richtungssteuerregister und Datenregister. Abb. 3 veranschaulicht die Flipflops und die Schreibdatenwege. Sie sollen diese Darstellung um Vorkehrungen zum Zurücklesen ergänzen.
- Welche Signale (Richtung, Daten, Pin) sollten im Idealfall (wenn der Aufwand keine Rolle spielt) zurückgelesen werden? Erläutern Sie kurz, wozu Sie die einzelnen Rücklesefunktionen verwenden.
  - In einer Sparlösung kann nur ein einziges Signal zurückgelesen werden. Welches wählen Sie aus?
  - Welches Register muß beim Einschalten gelöscht werden? Weshalb?



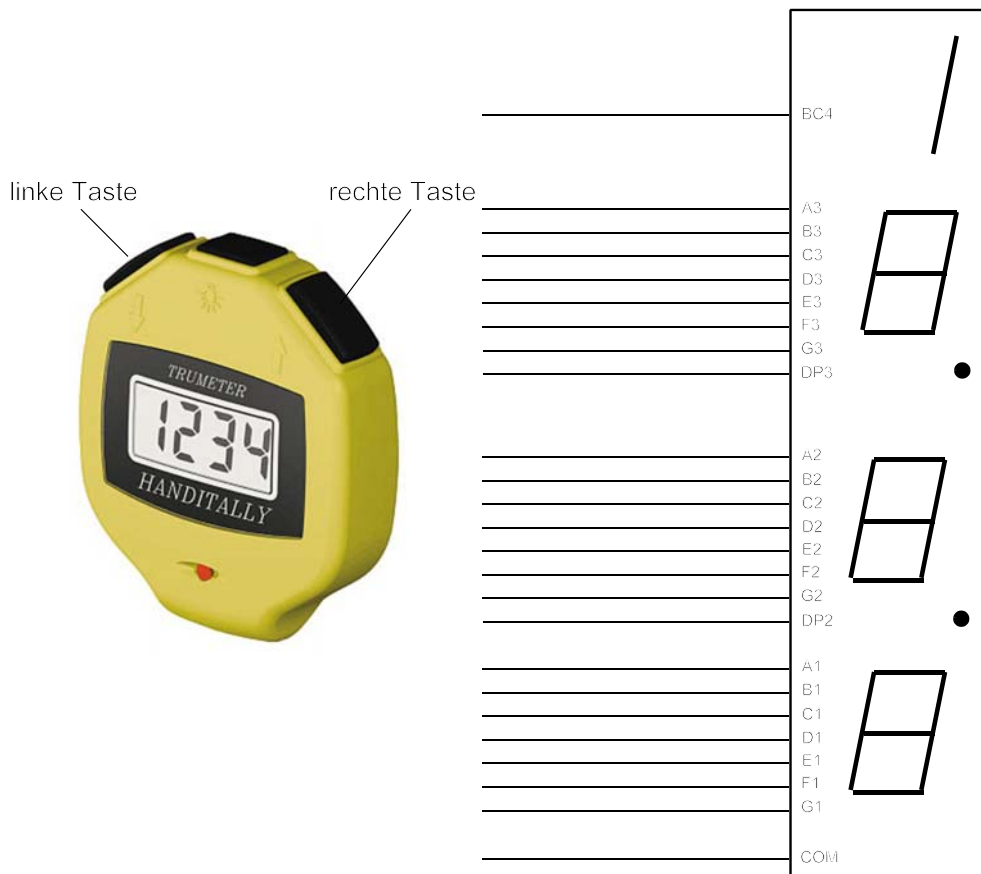
**Abb. 3** Ein typischer E-A-Port (eine Bitposition)

10. Wieviele Zellen würde ein gemäß Abb. 3 aufgebauter 8-Bit-Port in einem CPLD-Schaltkreis (z. B. Xilinx 9500) belegen?
11. Es ist ein Handzähler zu entwickeln (Abb. 4). Typische Merkmale:
- Anzeige 3½stellig (von 0000 bis 1999).
  - Anzeige wird nach dem Einschalten auf Null gestellt.
  - Betätigung der rechten Taste: Erhöhen um Eins (Vorwärtszählen).
  - Betätigung der linken Taste: Vermindern um Eins (Rückwärtszählen).
  - Gleichzeitige Betätigung beider Tasten: Löschen (auf Null).
  - Endstellung beim Vorwärtszählen: Zählwert 1999. (Bei Stand 1999 nicht weiter vorwärts zählen.)
  - Endstellung beim Rückwärtszählen: Zählwert Null. (Bei Stand Null nicht weiter rückwärts zählen.)

Es sind zwei Tasten sowie die in Abb. 2 rechts dargestellte Siebensegment-LCD-Anzeige zu unterstützen.

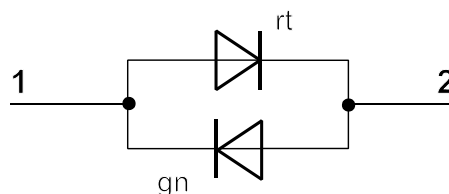
- Wieviele E-A-Ports (mit jeweils 8 Bits) muß ein passender Mikrocontroller haben?
- Geben Sie im einzelnen an, wie die Tasten und die LCD-Anzeige angeschlossen werden. Die Segmentleitungen der LCD-Anzeige können summarisch in Kabelbaumdarstellungen zusammengefaßt werden. Ggf. entsprechende Signalbezeichner in die Abb. eintragen.
- Was ist beim Ansteuern der LCD-Anzeige (im Gegensatz zur LED) besonders zu beachten? Welche Funktionseinheit des Mikrocontrollers wäre besonders geeignet, die in Rede stehende Maßnahme zu unterstützen?

- d) Die LCD-Anzeige enthält Dezimalpunkte. Sie sind hier nicht anzuzeigen. Wie schließen Sie die zugehörigen Signale (DP2, DP3) an?
- e) Skizzieren Sie den Programmablauf (Flußdiagramm). Vorgänge des Zählens, der Codewandlung usw. können in einzelnen Kästchen zusammengefaßt werden. Die wesentlichen Einzelheiten (z. B. der Tastenbehandlung) müssen aber erkennbar sein.
- f) Erläutern Sie kurz, welche Zählweise Sie bevorzugen. Wie lösen Sie das Problem, vom Zählwert zur Ansteuerung der LCD-Segmente zu kommen?



**Abb. 4** Ein Handzähler

12. Ein Mikrocontroller soll eine Zweifarben-LED (Abb. 5) ansteuern.



**Abb. 5** Zweifarben-LED

- a) Erläutern Sie (anhand einer Skizze), wie Sie dieses Bauelement an den Mikrocontroller anschließen (und zwar möglichst direkt, also ohne zusätzliche aktive Bauelemente).

- b) Erläutern Sie kurz, welche Anforderung der E-A-Port des Mikrocontrollers erfüllen muß, damit diese Anschaltung tatsächlich funktioniert. (Hinweis: Es geht um eine Spitzfindigkeit der elektrischen Auslegung.)
- c) Geben Sie an, wie programmiert werden muß, um folgende Anzeigen hervorzurufen):
1. nichts (LED dunkel),
  2. LED leuchtet rot (rt),
  3. LED leuchtet grün (gn).
  4. LED leuchtet gelb (Mischfarbe).
13. Erläutern Sie kurz (mit Skizze), wie ein einfaches Schieberegister-Interface (für Ein- und Ausgabe) aufgebaut ist. Welchen Vorteil hat dieses Prinzip? Nennen Sie wenigstens zwei Schieberegister-Interfaces, die als Industriestandard anzusehen sind.
14. Erläutern Sie kurz, wozu der Frame Pointer (Base Pointer) dient.
15. Abb. 6 zeigt das Bedienfeld eines Laserdruckers. Es sind vorgesehen:
- eine LCD-Anzeige mit der üblichen Schnittstelle (8/4 Datenbits + Steuersignale E, RW, RS),
  - drei LEDs (Bereit, Daten, Achtung),
  - 9 Kontakte (3 einzelne Tasten (Start, Job abbrechen, Auswahl) und 3 Wippen mit je 2 Kontakten (Menü +/-, Option +/-, Wert +/-)).



**Abb. 6** Das Bedienfeld eines Laserdruckers

Lassen Sie sich etwas einfallen, um mit zwei universellen 8-Bit-Ports auszukommen. Hierfür dürfen Sie zusätzliche Schaltkreise einsetzen – aber bitte möglichst billige (keinen zweiten Mikrocontroller...). Im übrigen: es geht auch ohne ...

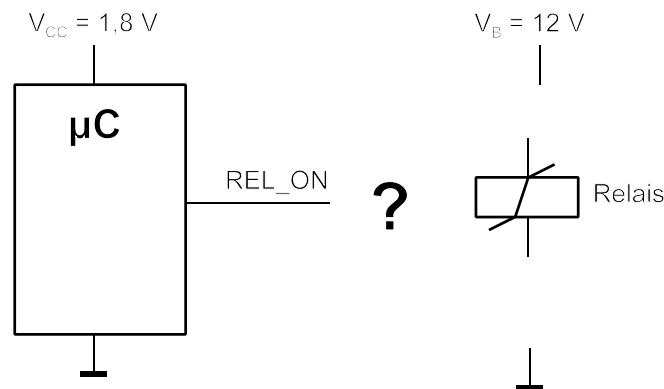
*Zu beachtende Kennwerte:*

- LEDs: Durchlaßstrom 8 mA, Flußspannung: 2,2 V.
- Kontakte: Mindeststrom 5 mA.
- Mikrocontroller-Ports:  $V_{CC} = 5$  V. Treibfähigkeit Low: 20 mA, Treibfähigkeit High: 3 mA. Maximalstrom durch  $V_{CC}$ - und GND-Pins: 200 mA.

16. Das Bedienfeld der Aufgabe 15 soll jetzt an einen Mikrocontroller angeschlossen werden, der eine Betriebsspannung  $V_{CC}$  von 2,5 V hat. Könnte man Leuchtdioden mit vorstehend genannten Kennwerten ohne weiteres direkt anschließen? (Kurze Begründung.) Skizzieren Sie ggf. eine brauchbare Lösung.
17. Um Parameter P1...Pn an ein Unterprogramm zu übergeben, soll wie folgt programmiert werden:

```
PUSH P1
PUSH P2
... usw.
PUSH Pn
CALL UP
```

- a) Welche Voraussetzungen müssen seitens des Prozessors erfüllt sein, um so programmieren zu können?
- b) Wenn diese Voraussetzungen nicht gegeben sind: wie behelfen Sie sich? – Schlagen Sie eine alternative Variante der Parameterübergabe vor. Sie sollte auch dann funktionieren, wenn n ziemlich groß ist (Anhaltswert: > 8).
18. Ein Mikrocontroller mit einer Betriebsspannung von 1,8 V soll ein Relais ansteuern (Abb. 7). Da es sich nur um ein einziges Relais handelt, soll eine diskrete Transistorstufe verwendet werden. Welche Transistorart setzen Sie ein? Weshalb? Skizzieren sie die Schaltung mit allen wesentlichen Einzelheiten. Erläutern Sie, wozu ggf. vorgesehene zusätzliche Bauelemente dienen.



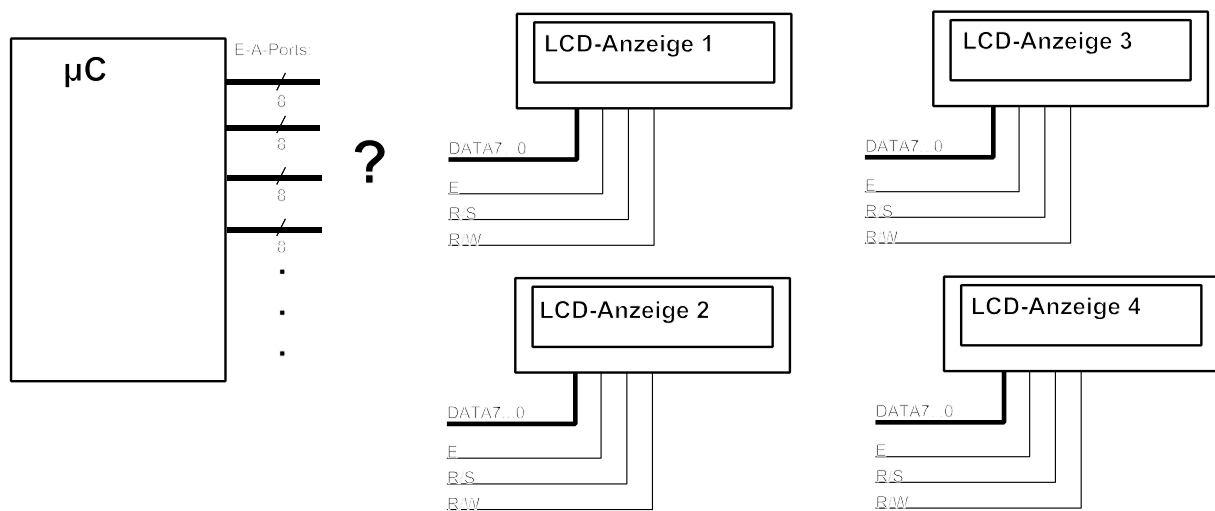
**Abb. 7** Dieser Mikrocontroller soll ein Relais ansteuern

19. Es geht um Zeitstufen in Mikrocontrollern. Erläutern Sie kurz, wodurch sich die Betriebsarten "Zähler" und "Zeitgeber" voneinander unterscheiden.
20. Welchen – gelegentlich bedeutsamen – Vorteil hat das kooperative Multitasking?
21. Erläutern Sie kurz (stichwortartige Beschreibung, Skizze(n)) den Ablauf einer Taskumschaltung.
22. Es ist ein Zeitrelais zu entwerfen. Ein Steuersignal TRIG soll den jeweiligen Funktionsablauf veranlassen. Geben Sie Flußdiagramme für folgende Abläufe an:
- a) einschaltwischend. Sobald TRIG aktiv wird, soll das Relais für eine eingestellte Zeit  $t_A$  anziehen und dann abfallen, gleichgültig, ob TRIG noch aktiv ist oder nicht.

- b) Impulsgeber, mit Pause beginnend. Solange TRIG aktiv ist, soll das Relais abwechselnd anziehen (Impuls) und abfallen (Pause). Impulse und Pausen sind gleich lang. Die Impuls- und Pausendauer entspricht der eingestellten Zeit  $t_A$ . Wenn TRIG aktiv wird, soll das Relais um  $t_A$  verzögert anziehen (erste Pause). Wird TRIG während eines Impulses inaktiv, soll der Impuls noch zu Ende geführt werden.

Hinweise: 1. Erneutes Aktivwerden von TRIG startet den jeweiligen Ablauf von neuem.  
2. Zeitzählvorgänge dürfen in jeweils einem Kästchen zusammengefaßt werden.

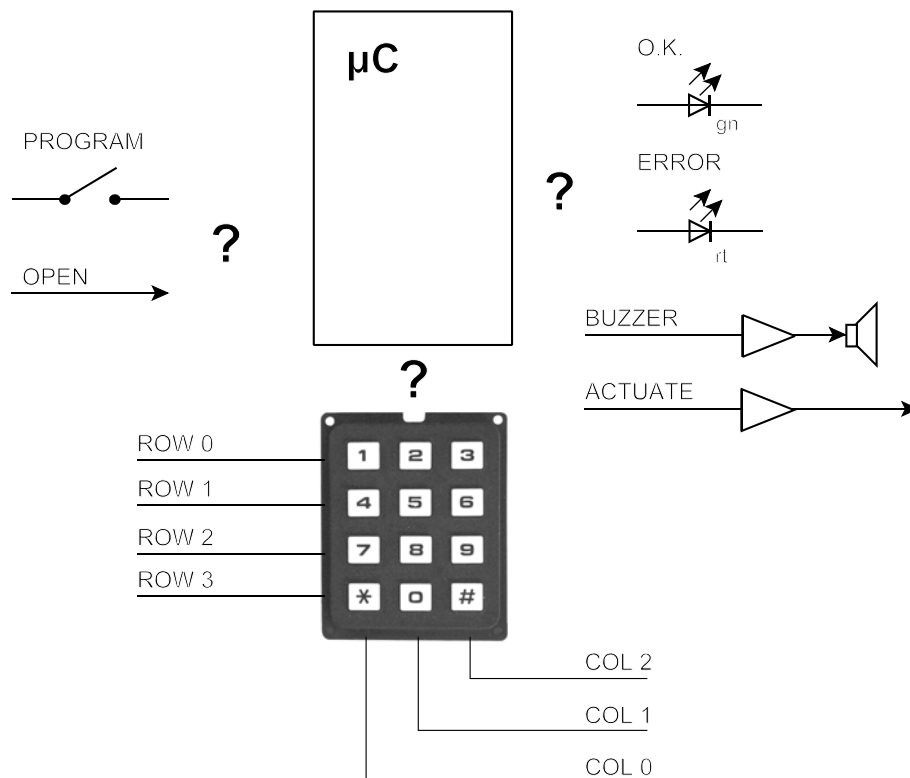
23. An einen Mikrocontroller sind vier LCD-Anzeigen mit 8-Bit-Schnittstelle anzuschließen (Abb. 8). Skizzieren Sie eine entsprechende Schaltungsanordnung. Wir nehmen an, der Mikrocontroller habe genügend viele universelle E-A-Ports zu jeweils 8 Bits. Versuchen Sie jedoch, einerseits mit möglichst wenigen Anschlüssen auszukommen, andererseits aber zusätzliche externe Schaltmittel zu vermeiden. Elektrische Fragen (Leitungslänge usw.) sollen keine Rolle spielen.



**Abb. 8** Diese vier LCD-Anzeigen sind an den Mikrocontroller anzuschließen

24. Zur Porterweiterung eines Mikrocontrollers ist eine Schieberegisteranordnung zu entwerfen. Sie soll die parallele Eingabe und die parallele Ausgabe unterstützen. Die Abläufe: 1. Schieben, 2. parallele Ausgabe, 3. parallele Eingabe. Es soll möglich sein, diese Abläufe unabhängig voneinander auszuführen (keine Zwangsfolge). Die Anordnung ist in CPLDs Xilinx 9500 einzubauen.
- wie könnte eine entsprechenden E-A-Schnittstelle aussehen? (Signale angeben und Wirkungsweise kurz beschreiben.)
  - skizzieren Sie die Schaltung einer Bitposition. Denken Sie dabei auch an eine für CPLD-Designs zweckmäßige Auslegung der Taktierung (worauf kommt es hier besonders an?).
  - wieviele Makrozellen werden je Bitposition benötigt?

25. Es ist ein Codeschloß zu entwickeln. Hierfür ist ein Mikrocontroller einzusetzen (Abb. 9).

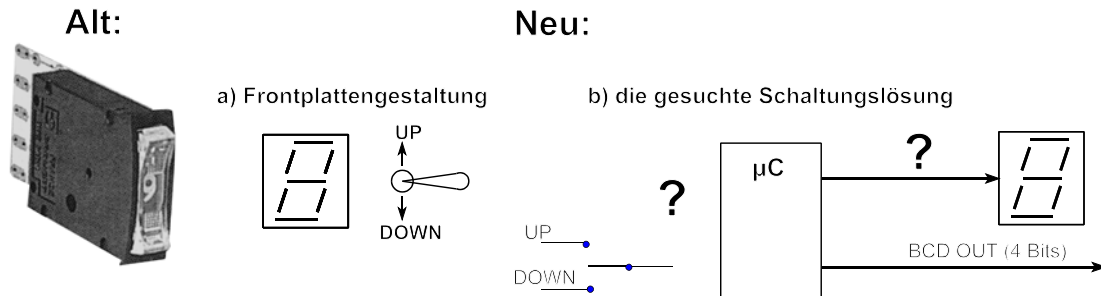


**Abb. 9** Codeschloß

Die anzuschließenden Einrichtungen bzw. Signale:

- ein Schaltkontakt PROGRAM, über den das Lernen neuer Codes veranlaßt werden kann,
  - ein Rückmeldesignal OPEN (Eingang),
  - eine Tastenmatrix mit 4 Zeilen ROW0...3 und 3 Spalten COL0...2 (Dezimaltastatur mit zwei Zusatztasten),
  - ein Ansteuersignal ACTUATE für die Leistungsstufe, die den Betätigungsmagneten erregt,
  - ein akustischer Signalgeber BUZZER,
  - eine ERROR-LED (rot),
  - eine O.K.-LED (grün).
26. Die Tasten des Codeschlusses sollen eine Hintergrundbeleuchtung mit weißen LEDs erhalten. Es sind 12 LEDs mit einer Flußspannung  $U_F = 3,6 \text{ V}$  vorgesehen. Betriebsstrom je LED:  $I_F = 5 \text{ mA}$ . Betriebsspannung: 5 V. Geben Sie eine brauchbare Schaltung an.
27. Es soll möglich sein, die gemäß Aufgabe 26 vorgesehene Hintergrundbeleuchtung programmseitig ein- und auszuschalten. Lassen Sie sich was einfallen...
28. Für das Codeschloß von Aufgabe 25 verwenden wir einen Mikrocontroller mit 16 E-A-Ports. Es soll zusätzlich eine 4stellige Siebensegment-LED-Anzeige angeschlossen werden. Lassen Sie sich was einfallen...

29. Ein herkömmliches Bauelement zur Zifferneingabe ist der Rändelschalter (Thumbwheel Switch). Dieser elektromechanische Apparat soll durch einen Mikrocontroller mit Siebensegment-Zifferanzeige (LED oder LCD) abgelöst werden. Eingangsseitig soll ein Dreistellungsschalter (Kipp- oder Wippmechanik) verwendet werden (Abb. 10).



**Abb. 10** Rändelschalter

30. Entwickeln Sie eine einfache Stoppuhr (Abb. 11). Anzeige: linke LED = Sekunden, rechte LED = Zehntelsekunden. Schrittweite: 0,1 s. Zählweite: bis 9,9 s. Bei Erreichen von 9,9 s stehenbleiben (Anzeige 9 9). Rechte Taste = Start / Stop, linke Taste = Rücksetzen (Anzeige 0 0).

Wenn es mit zwei Stellen funktioniert, kann das Projekt nach und nach auf den vollständigen Anzeige- und Funktionsumfang erweitert werden...



**Abb. 11** Stoppuhr (Exttech). Wir begnügen uns zunächst mit zwei Stellen