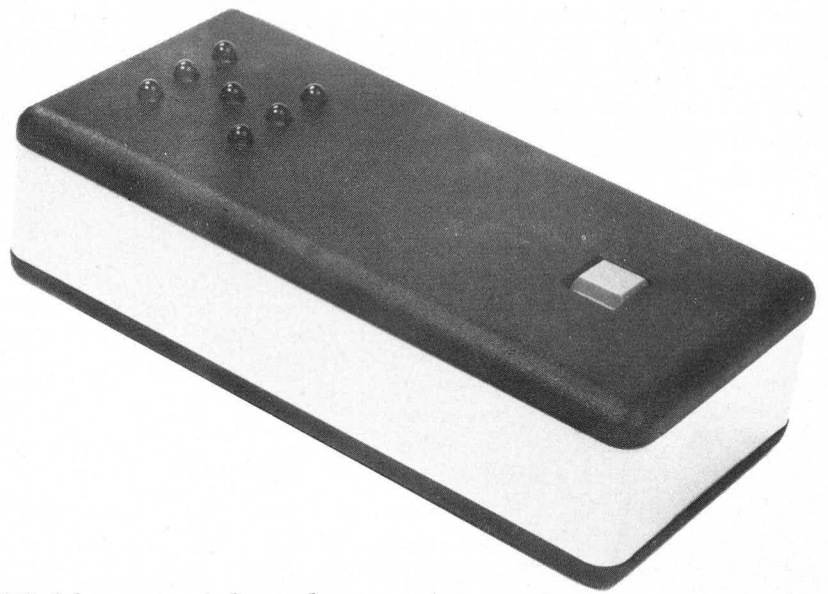


# Elektronischer Würfel



*Bei der Konstruktion dieses elektronischen Würfels waren wir bestrebt, das Optimum für die elektronische Realisation eines Würfels zu finden. Aber bitte sehen Sie selbst.*

## Allgemeines

Das Ergebnis unserer Bemühungen kann sich, wie wir meinen, wohl sehen lassen und wird sicher auch den verwöhntesten Ansprüchen gerecht werden, da es kaum noch Wünsche offen läßt.

Der Würfel besitzt 7 Leuchtdioden, die so angeordnet und geschaltet sind, daß sich bei jeder „gewürfelten“ Zahl das gewohnte „Würfelaugenbild“ ergibt.

Einen Ein/Aus-Schalter benötigt das Gerät nicht.

Es ist lediglich eine einzige Taste vorhanden, mit der der Würfelvorgang gestartet wird. Alles andere wird automatisch gesteuert.

Mit den Worten „alles andere“ ist folgendes gemeint:

1. Einschalten des Würfels einschließlich der Anzeige über die Start-Taste
2. gleichzeitiger Start des Würfelvorgangs
3. automatisches Verlangsamen des Würfels, d. h. der Würfel rollt aus
4. anschließendes Stoppen des Würfels
5. Speicherung des gewürfelten Wertes bei gleichzeitigem Anzeigen der Würfelaugen für eine bestimmte Zeit
6. Ausschalten des Würfels

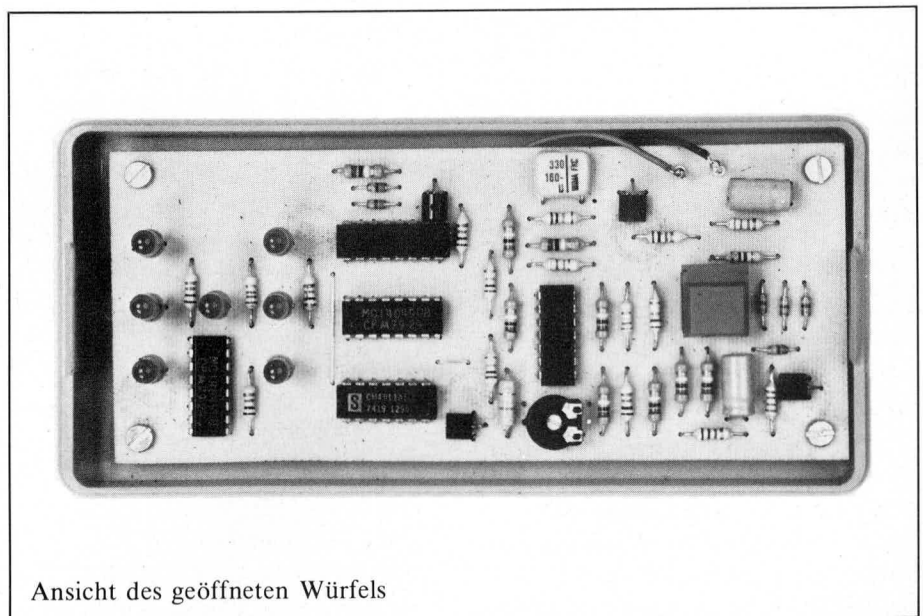
Der automatische Ablauf der eben beschriebenen Vorgänge wird durch eine aufwendige Steuer- und Logik-Schaltung realisiert, die jedoch durch den Einsatz moderner Schaltkreise weitgehend vereinfacht wurde.

## Zur Schaltung

Nach Betätigen der Start-Taste werden die Kondensatoren C1 und C2 über den Vorwiderstand R1 sowie die

Dioden D1 und D4 aufgeladen. Gleichzeitig wird der Transistor T2 über R1, D3 und R9 durchgesteuert, wodurch auch T1 in den leitenden Zustand übergeht. Da dieser Transistor als elektronischer Ein/Ausschalter eingesetzt ist, liegt nun die Betriebsspannung an der eigentlichen Würfelschaltung an.

Der aus  $\frac{1}{4}$  LM 3900 bestehende Operationsverstärker OP1 ist als Komparator geschaltet, d. h. er vergleicht



Ansicht des geöffneten Würfels

die am Mittelabgriff des Spannungsteilers, bestehend aus R4 und R6, bzw. die an C1/R2 anliegenden Spannungen miteinander.

Da zunächst die Spannung an C1 höher ist als am Mittelabgriff des betreffenden Spannungsteilers, hat der Ausgang des OP1 hohes Potential, d. h. T2 wird nun über den OP1 durchgesteuert und die Start-Taste kann losgelassen werden.

Über den Widerstand R2 (und R3,— bedingt durch die Stromeingangscharakteristik des Operationsverstärkers) entlädt sich nun langsam C1.

Nach einer bestimmten Zeit, die mit der Größe von C1 (evtl. R2) variiert werden kann, fällt die Spannung an C1 unter den Spannungswert des Mittelabgriffs des zugehörigen Spannungsteilers (R4, R6) und der Ausgang des OP1 geht auf Null. Dadurch sperren auch T2 und dann T1. Die Schaltung wird wieder ausgeschaltet.

Bis sich der Würfel jedoch selbsttätig ausschaltet, wird vorher der Würfelvorgang sowie das Anzeigen des Ergebnisses durchgeführt. Dies geschieht schaltungstechnisch wie folgt:

Nachdem der Würfel in der vorstehend beschriebenen Weise eingeschaltet wurde, wird über R1 und D4 auch der Kondensator C2 aufgeladen, der sich dann anschließend langsam über die Widerstände R12, R13, R16 und R17 entlädt.

OP2 arbeitet ebenfalls als Komparator und vergleicht die Spannung des Mittelabgriffs von R4 und R6 mit der Spannung an C2.

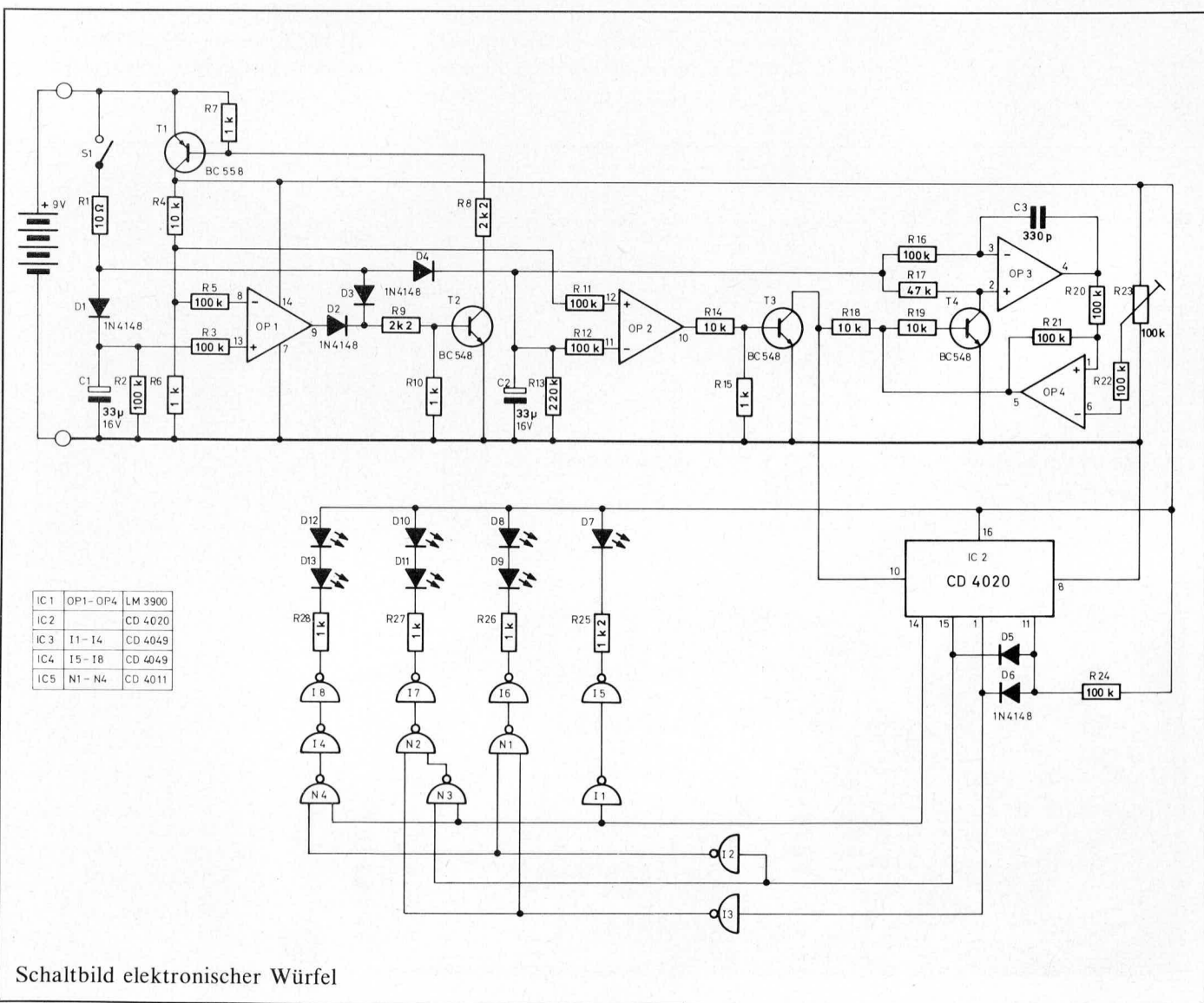
Solange die Spannung an C2 einen bestimmten Wert nicht unterschreitet, liegt der Ausgang des OP2 nahezu auf Null und T3 ist gesperrt. Wird dieser bestimmte Spannungswert unterschritten, geht der Ausgang des OP2 auf hohes Potential und T3 steuert durch, d. h. der Eingang des Zähler/Teiler-IC's (IC2) wird gesperrt und

der Ausrollvorgang des Würfels wird gestoppt.

Da C2 über die Parallelwiderstände R12, R13, R16 und R17 schneller als C1 entladen wird, stoppt der Würfelvorgang bevor sich der Würfel ausschaltet, so daß genügend Zeit zum Ablesen des Ergebnisses bleibt. Diese Zeitspanne kann ggf. über R13 variiert werden.

Der eigentliche Würfelgenerator besteht aus den beiden Operationsverstärkern OP3 und OP4 sowie T4, C3 und den Widerständen R16 bis R23.

Die Schaltung aus diesen Bauelementen stellt einen VCO (voltage controlled oscillator = spannungsgesteuerter Oszillator) dar. Damit der VCO einwandfrei arbeiten kann, ist eine Einstellung des Trimmerwiderstandes R23 vorzunehmen. Dies geschieht, indem man die Start-Taste des Würfels betätigt und festhält, bei gleichzeitigem Drehen des Trimmerwiderstandes. Auf der Anzeige kann man erken-



Schaltbild elektronischer Würfel

**Stückliste**  
**Elektronischer Würfel**

IC1	LM 3900
IC2	CD 4020
IC3	CD 4049
IC4	CD 4049
IC5	CD 4011
T1	BC 558 C
T2	BC 548 C
T3	BC 548 C
T4	BC 548 C
D1-D6	1N 4148
D7-D13	LED, rot, 5 mm
C1	33 µF/16V
C2	33 µF/16V
C3	330 pF
R1	10 Ohm
R2	100 KOhm
R3	100 KOhm
R4	10 KOhm
R5	100 KOhm
R6	1 KOhm
R7	1 KOhm
R8	2,2 KOhm
R9	2,2 KOhm
R10	1 KOhm
R11	100 KOhm
R12	100 KOhm
R13	220 KOhm
R14	10 KOhm
R15	1 KOhm
R16	100 KOhm
R17	47 KOhm
R18	10 KOhm
R19	10 KOhm
R20	100 KOhm
R21	47 KOhm
R22	100 KOhm
R23	100 KOhm, Trimmer
R24	100 KOhm
R25	1,2 KOhm
R26	1 KOhm
R27	1 KOhm
R28	1 KOhm

Taster: Typ Schadow REK

nen, wann der Oszillator schwingt, d.h. wann der Würfel rollt. In dieser Stellung muß dann R23 belassen werden. Eine Frequenzkorrektur wird über den Trimmerwiderstand nicht vorgenommen.

Der spannungsgesteuerte Eingang des VCO's liegt direkt an C2, so daß die an diesem Kondensator anliegende Spannung den VCO steuert.

Da die über R18 vom VCO ausgekoppelte Rechteckschwingung proportional zur Eingangsspannung des VCO's ist, folgt die Frequenz der Entladekurve des Kondensators C2, d.h. nach Starten des Würfels schwingt der Generator zuerst mit hoher Frequenz, die dann entsprechend der Spannung an C2 abnimmt, wodurch das Ausrollen des Würfels erreicht wird.

Die über R18 ausgekoppelte Rechteckschwingung gelangt auf den Eingang (Pin 10) des Zähler/Teiler-IC's (IC2). Dieses IC ist so geschaltet, daß die Ausgänge der Pins 14, 15 und 1 die Zahlen von 0 bis 5 während des Zählvorgangs darstellen (also 6 verschiedene logische Zustände). Hieraus wird über die Logik-Schaltung der Inverter I1 bis I4 sowie der Gatter N1 bis N4 die

Information für die Ansteuerung der LED-Treiber (I5 bis I8) gewonnen.

Über die Widerstände R25 bis R28 werden dann die LED's angesteuert.

**Zum Aufbau**

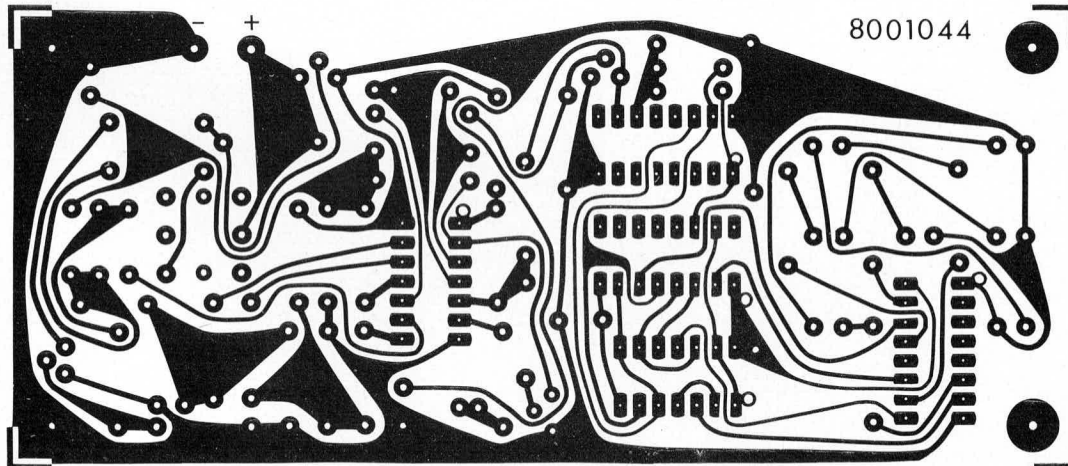
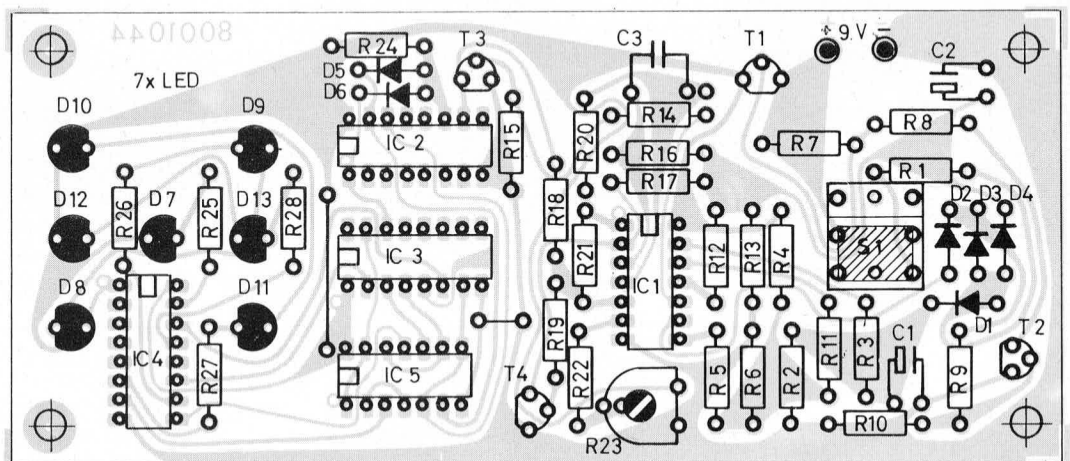
Der Aufbau gestaltet sich weitgehend problemlos. Es ist lediglich auf die richtige Einstellung des Trimmerwiderstandes R23 zu achten, allerdings kann hierbei nichts falsch gemacht werden, da es nur darauf ankommt, daß der Oszillator anschwingt. Eine weitergehende Einstellung ist nicht erforderlich.

Da für den Würfel ein geschmackvolles Gehäuse zur Verfügung steht, sollte beim Einlöten der Leuchtdioden noch auf die Einbauhöhe geachtet werden.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg beim Nachbau und noch mehr Spaß beim anschließenden „Knobeln“.

Es sei noch angemerkt, daß unsere Redaktion einen halben Tag nach Fertigstellung des Würfels blockiert war, da dieser so viel Anklang fand, daß jeder mit jedem „einen Ausknobeln“ wollte.

Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine