



## Elektronischer Gedächtnistrainer SE200

Das kleine elektronische Spiel „SE200“ orientiert sich an einem bekannten Gedächtnistrainer der 1980er Jahre. Allerdings dient das Gerät nicht nur der Unterhaltung, sondern hier steht auch der Nachwuchs-Softwareentwickler im Fokus. Daher haben wir bei dieser einfachen AVR-Anwendung einen großen Wert auf die Programmierfreundlichkeit gelegt. Der Quellcode des Spiels ist frei als Download verfügbar und kann mit ebenfalls freien Tools beliebig erweitert oder modifiziert werden.

### Spielen und einsteigen

Die RISC-Mikrocontroller von Atmel erobern sich ob ihrer Vielseitigkeit und der relativ einfachen Programmierbarkeit immer weitere Einsatzbereiche von der ganz einfachen Steuerungs- oder Anzeige-Applikation über Interface-Aufgaben, Datenlogger bis hin zur vollständigen und eigenständig arbeitenden Komplett-Anwendung. Die flexibel mögliche Programmierung der Ports und Schnittstellen sowie integrierte A/D-Wandler, diverse Timer, Analog-Komparatoren, PWM-Kanäle, Flash-, SRAM-, EPROM-Speicher und eine standardisierte Programmierschnittstelle für die In-System-Programmierung machen sie so vielseitig einsetzbar.

Das hier vorgestellte kleine Spielgerät basiert ebenfalls auf einem AVR, einem ATmega48, dessen Eckdaten in Tabelle 1 zu sehen sind. Mit seinem 4-kByte-Flash-Speicher ist er genau der richtige Controller für die Programmierung frei erhältlicher Programmiersoftware, wie sie am Ende des Artikels aufgeführt wird. Die Ports sind mit Standard-Ein-/Aus-

gabeelementen wie Tastern, LEDs und einer Tonausgabe belegt, so eignet sich das preiswerte Gerät hervorragend als Experimentierplattform für Programmier-Einsteiger, ob privat, in der Schule oder in der Ausbildung.

Hier spielt natürlich auch die systemeigene In-System-Programmiermöglichkeit (ISP) eine Rolle. In unserem kompakten Gerät ist die 6-polige Mini-ISP-Schnittstelle integriert, die durch entsprechend ausgeführte AVR-Programme bedient werden kann.

Bei der Auslieferung ist das Gerät bereits mit dem im nächsten Abschnitt beschriebenen Gedächtnis-Trainer-Spiel programmiert. Dessen C-Quellcode steht unter [1] frei als Download zur Verfügung. Er kann hervorragend als Grundlage für eine Modifikation des Spiels genutzt, aber auch ganz durch eigene Software-Applikationen ersetzt werden. Natürlich sind dazu auch andere Programmiersprachen wie z. B. BASICOM [2] geeignet.

Das kompakte Gerät wird über nur eine 1,5-V-Batterie betrieben, so ist der nötige Batterieaufwand minimiert und die Hardware kompakt und leicht gehalten.

### Technische Daten: SE200

Spannungsversorgung:	1x Mignon/AA/LR6
Abm. (B x H x T):	57 x 23 x 72 mm

### Das Spiel

Das bereits werkseitig in den Prozessor programmierte Spiel ist ein Retro aus den 1980er Jahren, es soll das Gedächtnis-

nis trainieren. Dabei sind dem individuellen Trainingsstand entsprechend verschiedene Schwierigkeitsgrade wählbar. In seiner Programmstruktur eignet sich dieses Spiel bestens für eigene Programmmodifikationen.

Das programmierte Spiel startet mit einem dauerhaften Leuchten aller Tasten, dann wird der Schwierigkeitsgrad durch das Drücken eines entsprechenden Tasters gewählt (von Blau nach Rot aufsteigend). Nun startet das Spiel mit einem zufälligen Aufleuchten eines Tasters und dem entsprechenden Ton. Dabei wird in jeder Runde eine zufällige Farbe samt Tastenton der Folge hinzugefügt.

Der Spieler soll nach jeder Runde die so erweiterte Tastenfolge vollständig eingeben. Dabei wird bei einem Fehler das Spiel durch ein entsprechendes Signal (akustisch und optisch) beendet und das Spiel startet wieder mit der Auswahl des Schwierigkeitsgrades.

Sollte der Spieler die Folge komplett richtig eingegeben haben, wird das Spiel durch eine Gewinnmelodie und -blinkfolge beendet. Nun kann der Spieler ebenfalls wieder den Schwierigkeitsgrad einstellen und ein neues Spiel beginnen.

## Die Schaltung

Die Gesamtschaltung des SE200 ist in Abbildung 1 zu sehen. Beginnen wir bei der Spannungsversorgung. Energiequelle ist eine 1,5-V-Mignon-Batterie. Deren Spannung gelangt zunächst über den Sicherungswiderstand R 8 an den Schiebeschalter S 1, dessen beide Schaltkontakte parallel geschaltet sind, um so eventuelle Kontaktwiderstände zu minimieren. Eine mögliche elektronische Einschaltung entfällt hier aus Aufwandsgründen und weil sie Ressourcen des

Tabelle 1: Eckdaten des ATmega48

<b>Flash-Speicher:</b>	4 kB	<b>Timer 8/16 Bit</b>	2/1
<b>EEPROM:</b>	256 Byte	<b>PWM-Kanäle</b>	6
<b>SRAM:</b>	512 Byte	<b>RTC</b>	1
<b>Ports:</b>	max. 23	<b>max. Taktfrequenz</b>	16 MHz
<b>A/D-Kanäle:</b>	8	<b>SPI</b>	1 + USART
<b>Analog-Komparator:</b>	1	<b>TWI</b>	1

Mikrocontrollers erfordern würde. Die Kondensatoren C 1 und C 2 und C 4 bis C 9 dienen der Unterdrückung von hochfrequenten Störungen und Glättung der Spannung. Die Betriebsspannung von 5 V erzeugt ein Step-up-Wandler vom Typ TPS61070 (IC 2), der Widerstand R 9 (Einschalten des Wandlers) und die Spule L 1 (Speicherspule) dienen hierbei der peripheren Beschaltung. Durch den Spannungsteiler von R 10 und R 11 wird die Ausgangsspannung von 5 V eingestellt. Mehr über das Arbeitsprinzip des Step-up-Wandlers findet man im Kasten „Elektronikwissen“.

Das Herzstück der Schaltung bildet der Mikrocontroller IC 1. Der Widerstand R 2 dient dem sicheren Reset des Mikrocontrollers IC 1 nach der Spannungswiederkehr. Als Eingabeelemente stehen die beleuchteten Taster TA 1 bis TA 4 zur Verfügung. Die Tasterleuchtdioden sind mit den entsprechenden Vorwiderständen R 4 bis R 7 versehen.

Der akustische Signalgeber (Sound-Transducer) PZ 1 wird über den Trennkondensator C 3 durch die Transistorstufe mit T 1 geschaltet. R 3 dient als Vorwiderstand für den Signalgeber, D 1 als Freilaufdiode.

ST 1 ist eine Standard-Mini-ISP-Schnittstelle zum Programmieren des Mikrocontrollers, hier können entsprechende ISP-Programmieradapter angeschlossen werden.

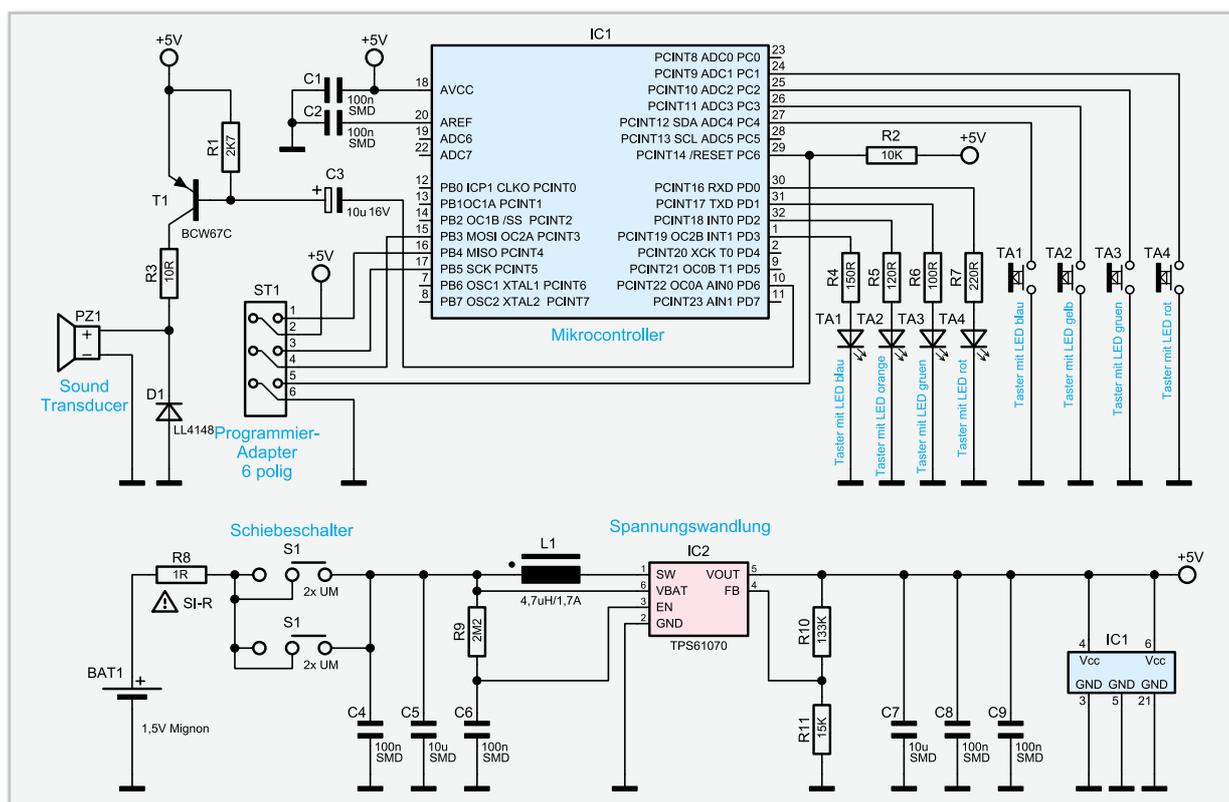


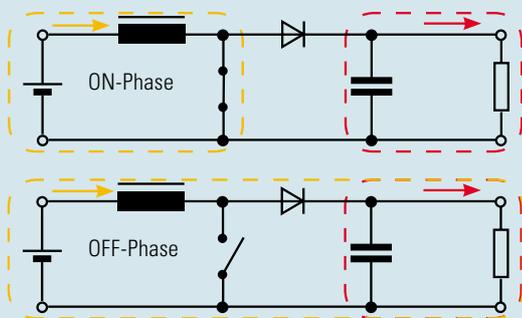
Bild 1: Die Gesamtschaltung des SE200

## Elektronikwissen – Step-up-Wandler

In der Elektronikpraxis ergibt sich immer wieder die Aufgabe, aus einer geringen Spannung eine höhere Spannung zu erzeugen. Dies ist die Aufgabe für einen Aufwärtswandler (Step-up-Wandler), der heute sehr aufwandsarm mit Schaltregler-Spezialschaltkreisen wie dem MC34063A von National Semiconductor oder dem hier eingesetzten TPS61070 von Texas Instruments aufgebaut werden kann.

Das grundlegende Arbeitsprinzip ist schnell erklärt: Während der ON-Phase (geschlossen) fällt die Eingangsspannung an der Induktivität ab und der Strom steigt an. Wird der Schalter geöffnet (OFF-Phase), so fließt der Strom über die Diode weiter und lädt den Ausgangskondensator. Die Spule dient dabei als Energiespeicher, da sie einen gleichbleibenden Stromfluss anstrebt.

Die Ausgangsspannung ist also immer größer oder gleich der Eingangsspannung. Selbst wenn die Phasen nicht getaktet werden, lädt sich der Ausgangskondensator über die Diode auf die Eingangsspannung auf. Werden die Phasen entsprechend getaktet, so steigt die Ausgangsspannung auf Werte, die höher sind als die Eingangsspannung.



Der TPS61070 enthält alle Baugruppen eines solchen Schaltreglers, er muss nur noch mit wenigen externen Bauelementen beschaltet werden und macht die Dimensionierung der Schaltung einfach. Durch die Ausführung als Synchronwandler – hier wird die Diode durch eine interne Schaltlogik ersetzt – kann auch die Diode entfallen.

Der Wandler kann über den Enable-Eingang leistungslos ein- und ausgeschaltet werden, so muss kein an den Laststrom angepasster Schalter in die Versorgungsspannung eingeschaltet werden, dessen Kontaktwiderstand die ohnehin geringe Eingangsspannung mindern kann (EN offen bzw. High = eingeschaltet, EN an Masse bzw. Low = ausgeschaltet). So ist der Wand-

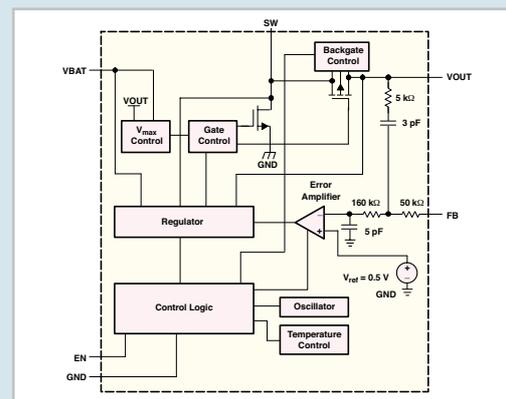
ler auch über Schaltstufen bzw. einen Mikroprozessor ein- und ausschaltbar.

Der Eingang  $V_{BAT}$  dient zur Kontrolle der Eingangsspannung, über eine Regelung wird das Schaltverhalten des FET-Schalters im Wandler der Eingangsspannung angepasst. Auch eine Schutzschaltung, die den Wandler bei zu geringer Eingangsspannung abschaltet, wird hierüber angesteuert.

Über FB wird per externem Spannungsteiler die Ausgangsspannung eingestellt.

Die externe Speicherspule wird zwischen SW und  $V_{BAT}$  geschaltet. Oben rechts im Blockschaltbild erkennt man, dass SW intern statt mit einer Diode mit einem eingesetzten zweiten FET-Schalter verbunden ist, der wiederum nach Übersteigen der im externen Ladekondensator vorhandenen Spannung durch die in der OFF-Phase von der Speicherspule abgegebene Spannung durchschaltet. So wird das Aufsummieren letzterer Spannung im Ladekondensator und folgend die Spannungsabgabe der heraufgesetzten Spannung an die Last ermöglicht.

Interne Schutzschaltungen schützen Spannungsquelle, Regler und Last vor Schäden z. B. durch Unterspannung oder Übertemperatur.



Blockschaltbild des TPS61070

## Nachbau

Da bereits alle SMD-Bauteile bestückt sind, kann sofort mit der Bestückung der bedrahteten Bauteile begonnen werden. Als Erstes werden der Signalgeber (Sound-Transducer) PZ 1 und der zugehörige Kondensator C 3 aufgelötet (Polung im Bestückungsdruck beachten! Auch PZ 1 ist ein gepoltes Bauelement, Plus-Markierung im Gehäuse beachten). Danach werden der Schiebeschalter S 1, die Taster TA 1 bis TA 4 (inklusive der Leuchtdioden, Farbuordnung beachten) laut Bestückungsdruck eingesetzt und verlötet.

Als vorletzte Löttaufgabe sind die Batteriekontakte, wie im Platinenfoto abgebildet, einzusetzen und mit reichlich Lötzinn zu verlöten.

Um die eigene Programmierung, z. B. mit dem AVR Dragon, zu vereinfachen, sollte die Stiftleiste ST 1 bestückt werden. Abschließend werden die Tasterkappen aufgesetzt, die Bat-

terie polrichtig eingelegt und die Schaltung so kopfüber in das Gehäuseoberteil eingesetzt, dass die Tasterkappen und der Schiebeschalter sämtlich in die vorgesehenen Aussparungen fassen. Mit dem Aufsetzen des Gehäuseunterteils ist der Aufbau beendet. Abbildung 2 zeigt das betriebsbereite Gerät.

## Programmierung

Damit das Modul schnell den Weg in die eigene Applikation finden kann, steht der Quellcode zum Download auf der Produkt-Homepage zur Verfügung.

Das Projekt kann wegen der controllerseitigen maximalen Codegröße von 4 kByte u. a. auch mit der freien „KickStart“-Edition des IAR-Compilers oder der BASCOM-Demo-Version benutzt werden.

## Stückliste: SE200

**Widerstände:**

Sicherungswiderstand 1 $\Omega$ /SMD/1206	R8
10 $\Omega$ /SMD/0805	R3
100 $\Omega$ /SMD/0805	R6
120 $\Omega$ /SMD/0805	R5
150 $\Omega$ /SMD/0805	R4
220 $\Omega$ /SMD/0805	R7
2,7 k $\Omega$ /SMD/0805	R1
10 k $\Omega$ /SMD/0805	R2
15 k $\Omega$ /SMD/0805	R11
133 k $\Omega$ /SMD/0805	R10
2,2 M $\Omega$ /SMD/0805	R9

**Kondensatoren:**

100 nF/SMD/0805	C1, C2, C4, C6, C8, C9
10 $\mu$ F/16 V	C3
10 $\mu$ F/SMD/0805	C5, C7

**Halbleiter:**

ELV09940/SMD	IC1
TPS61070DDC/SMD	IC2
BCW67C/SMD	T1
LL4148	D1

**Sonstiges:**

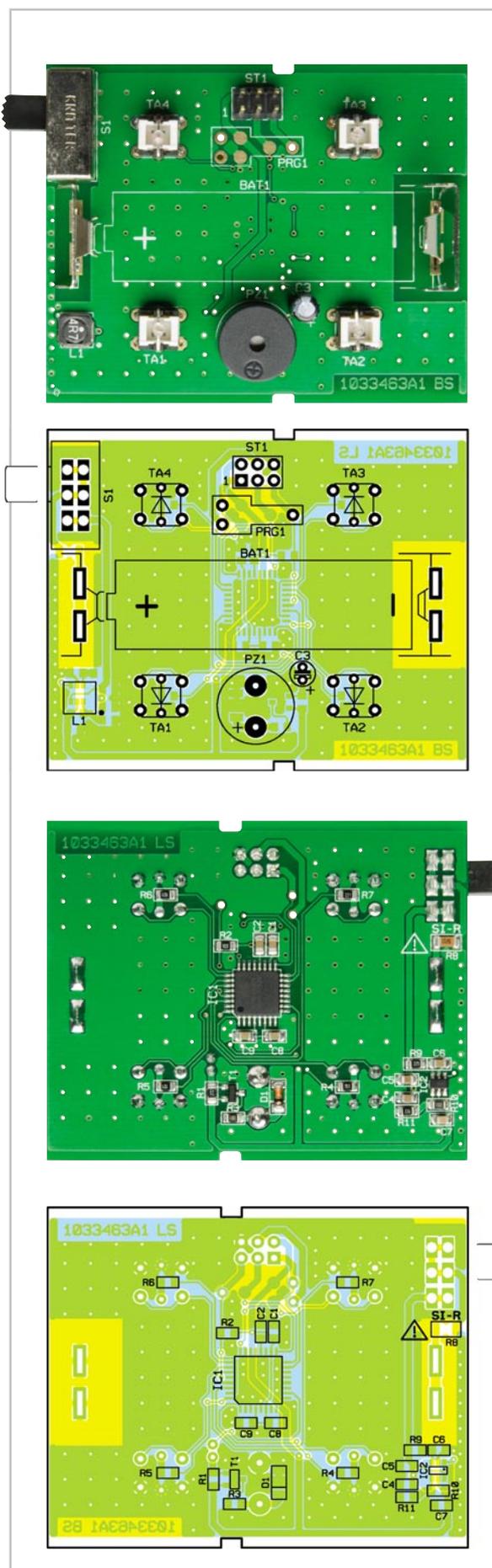
Speicherdrossel, SMD, 4,7 $\mu$ H/1,7 A	L1
Drucktaster mit LED blau, 1x ein, print	TA1
Drucktaster mit LED orange, 1x ein, print	TA2
Drucktaster mit LED grün, 1x ein, print	TA3
Drucktaster mit LED rot, 1x ein, print	TA4
Schiebeschalter, 2x um, winkelprint	S1
Stiftleiste, 2x 3-polig, gerade, print	ST1
Sound-Transducer, 3 V, print	PZ1
Mignon-Batteriekontakt, „+“-Kontakt, print	BAT1
Mignon-Batteriekontakt, „-“-Kontakt, print	BAT1
1 Profilverkabel, Blau, Struktur, komplett, bearbeitet und bedruckt	



Bild 2. Das einsatzbereite Gerät im Gehäuse

**Links:**

- [1] Quellcode/Hex-File: [www.service.elv.de](http://www.service.elv.de),  
Softwaredownload-Service: „SE200“
- [2] BASCOM-Download, kostenlose Demo-Version  
verfügbar, auf 4 kByte Programmcode begrenzt  
[www.mcselec.com](http://www.mcselec.com)
- [3] Compiler 4-kByte-KickStart-Edition:  
<http://supp.iar.com/Download/SW/?item=EWAVR-KS4>



Ansicht der fertig bestückten Platine des SE200 mit dem jeweils zugehörigen Bestückungsplan, oben Bestückungsseite, unten Löt-/SMD-Seite