



Beschleunigungsmesser BM 2

Der batteriebetriebene Beschleunigungsmesser BM 2 erfasst Beschleunigungen von -10 g bis +10 g in zwei Achsen und zeigt die Messwerte zusammen mit den Maximalwerten auf einem 2-zeiligen beleuchteten Dot-Matrix-Display an. Eine serielle Schnittstelle ermöglicht die Weiterverarbeitung der Messwerte, z. B. mit einem PC.

Allgemeines

Beschleunigungsmesser, auch als Accelerometer bezeichnet, dienen zur Erfassung der Kräfte, die bei Geschwindigkeitsänderungen auftreten. Zentrales Bauelement des BM 2 ist ein Beschleunigungssensor von Analog-Devices, der in der Lage ist, gleichzeitig die Beschleunigung in zwei Achsen (X und Y) zu erfassen.

Je nach Aufgabe kann der Messbereich von Beschleunigungssensoren sehr unterschiedlich sein. Zu den typischen Anwendungsgebieten derartiger Sensoren gehören Airbag-Systeme im Kfz-Bereich sowie Stoß- und Vibrationsüberwachungen.

Besonders bei Airbag-Anwendungen ist eine extrem hohe Zuverlässigkeit gefordert, da es unter keinen Umständen zu Fehlauslösungen kommen darf. Andererseits muss die Reaktionszeit bei einem Unfall sehr klein sein.

Durch den Einsatz von mehrachsigen Sensoren kann z. B. ein Frontalaufprall von einem Seitenaufprall unterschieden werden und die Auslösung des jeweils erforderlichen Airbags erfolgen. Grundsätzlich führen bei Airbag-Sensoren erst recht hohe Beschleunigungswerte (40 g – 250 g) zum Auslösen des Systems.

Weitere Anwendungen im Kfz-Bereich sind z. B. Crash-Sensoren, die im Fall eines Unfalls die Benzinzufuhr unterbrechen, oder Sensoren, die zur Erkennung eines Überschlags dienen. Dynamische Fahrwerksstabilisierungen basieren ebenfalls auf der Erfassung von Beschleunigungswerten.

Doch nicht nur im Automobilbereich, sondern auch in der Messtechnik gibt es unterschiedliche Anwendungsgebiete für Beschleunigungssensoren. So können z. B. Stoß- und Vibrationseinwirkungen mit Beschleunigungssensoren erfasst werden.

Mit den meisten Beschleunigungssensoren sind nicht nur dynamische Beschleunigungen, sondern auch statische Beschleunigungen wie z. B. die Erdbeschleunigung erfassbar. Beschleunigungssensoren sind auch sehr gut als Neigungssensoren nutzbar, da wir grundsätzlich der mittleren Erdbeschleunigung von $9,807 \text{ m/s}^2 \triangleq 1g$ ausgesetzt sind. Die Realisierung einer elektronischen Wasserwaage mit Beschleunigungssensoren ist ebenfalls recht einfach möglich.

Das Formelzeichen für die Beschleuni-

Technische Daten: Beschleunigungsmesser BM 2

Messbereich:	X-Achse $\pm 10 \text{ g}$ Y-Achse $\pm 10 \text{ g}$
Auflösung:	10 mg
Bandbreiten:	10 Hz, 50 Hz, 500 Hz, 5 kHz
Anzeige:	aktuelle Messwerte und Max.-Werte gleichzeitig
Display:	DOT-Matrix, 2 x 16 Zeichen
Hinterleuchtung:	Ein, Aus, zeitgesteuert
Auto-Power-off:	zeitgesteuert, deaktivierbar
Schnittstelle:	RS 232
Spannungsversorgung:	9-V-Blockbatterie
Stromaufnahme:	<15 mA ohne Hinterleuchtung ca. 150 mA mit Hinterleuchtung
Abmessungen Platine:	109,5 x 53,5 mm
Abmessungen Gehäuse:	141,5 x 57 x 23,5 mm

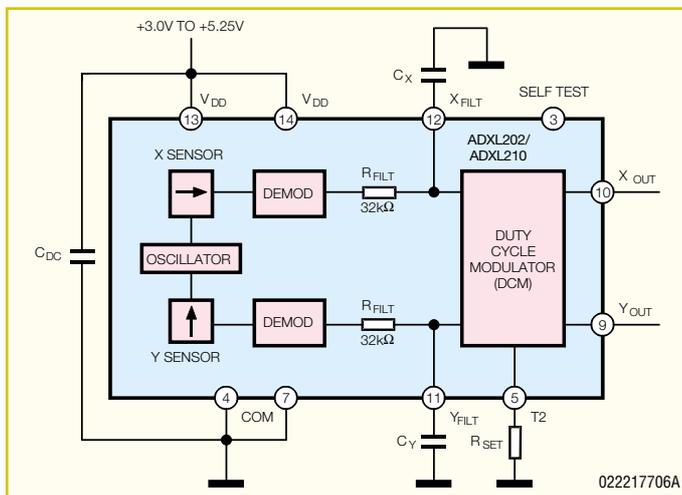


Bild 1:
Interne Struktur
der Analog-
Devices Low-g-
Beschleunigungssensoren
ADXL 202 und
ADXL 210 von
Analog-Devices



Bild 4: 2-Zeilen-Matrix-Display

menü aufgerufen und mit der rechts daneben angeordneten Taste „Auswahl“ die im jeweiligen Menü zur Verfügung stehende Auswahl getroffen. Beide Taster haben eine Toggle-Funktion, d. h. die entsprechende Taste ist so oft zu betätigen, bis das gewünschte Menü oder die gewünschte Auswahl im Display erscheint. Die Übernahme der getroffenen Einstellungen erfolgt dann mit der Taste „OK/RESET“.

Sämtliche Einstellungen werden im EEPROM-Bereich des Prozessors gespeichert und bleiben auch ohne Betriebsspannung nahezu unbegrenzt erhalten.

Betrachten wir nun die Menüs mit den Auswahlmöglichkeiten im Einzelnen:

Menü Reset Max-Hold



Wie bereits erwähnt, werden im Display die aktuellen Beschleunigungswerte und die aufgetretenen Maximalwerte gleichzeitig dargestellt. In diesem Menüpunkt kann mit der Auswahltaste bestimmt werden, ob die angezeigten Maximalwerte grundsätzlich mit der „OK/RESET“-Taste manuell zu löschen sind oder ob eine automatische Löschung der im Display angezeigten Maximalwerte in 5 Sek. oder in 30 Sek. erfolgen soll.

Menü Bandbreite



In diesem Menüpunkt lässt sich mit der Auswahltaste die Bandbreite der Messwerterfassung einstellen. Je geringer die Bandbreite, desto mehr wird das Signal gefiltert, während bei großer Bandbreite auch sehr kurze Spitzenwerte erfasst werden können. Zur Auswahl stehen 10 Hz, 50 Hz, 500 Hz und 5 kHz zur Verfügung. Auch hier wird mit der „OK/RESET“-Taste der ausgewählte Wert übernommen und im EEPROM des Prozessors abgelegt.

gung ist a und die Einheit m/s^2 . Die Angabe von Beschleunigungswerten erfolgt als Vielfaches der Gravitationskraft, d. h. der immer vorhandenen Erdbeschleunigung g .

Von Beschleunigungssensoren abgegebene Messwerte sind davon abhängig, in welcher Position der Sensor zur Gravitationsbeschleunigung der Erde positioniert wird. Ohne zusätzliche Beschleunigung kann der Ausgangswert des Sensors je nach Position zur Erdachse zwischen $-1 g$ und $+1 g$ variieren.

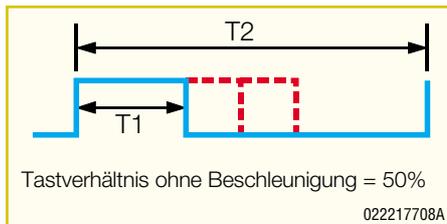


Bild 2: Pulsbreiten-Ausgangssignal des ADXL 202 bzw. ADXL 210. Ohne Beschleunigung beträgt das Tastverhältnis 50 %.

Im Gegensatz zum Kfz-Bereich sind in der Messtechnik die so genannten Low-g-Sensoren besonders interessant. Einer der führenden Hersteller auf dem Gebiet ist Analog-Devices, wo unter der Bezeichnung ADXL 202 ein 2-Achsen-Sensor mit einem Messbereich von $\pm 2 g$ und unter der Bezeichnung ADXL 210 ein 2-Achsen-Sensor mit einem Messbereich von $\pm 10 g$ zur Verfügung steht. Abbildung 1 zeigt die interne Struktur dieser Bausteine.

Messbar sind sowohl dynamische Beschleunigungen als auch die statische Gravitation mit einer Auflösung von bis zu $5 mg$ je nach genutzter Bandbreite. Für die X- und Y-Achse liefert der Sensor ausgangsseitig 2 getrennte Pulsbreitensignale, deren Periodendauer mit dem externen Widerstand R_{SET} bestimmt wird.

Mit externen Filterkondensatoren ist die Bandbreite für beide Achsen von $0,01 Hz$ bis $5 kHz$ einstellbar.

Die PWM-Ausgänge liefern ein Tastverhältnis von 50 %, wenn der Sensor in der entsprechenden Achse keiner Beschleunigung ausgesetzt wird. Je nach Richtung der Beschleunigung variiert das Tastverhältnis dann von 20 % bis 80 %

(Abbildung 2). Bei dem im BM 2 verwendeten ADXL 210 beträgt somit die Änderung des Tastverhältnisses 4 % je g Beschleunigung.

Funktion

Mit dem Beschleunigungsmesser BM 2 sind also Beschleunigungswerte im Bereich von $-10 g$ bis $+10 g$ in 2 Achsen messbar. Neben den aktuellen Werten werden auch die Maximalwerte erfasst und abgespeichert, so dass z. B. nach einer Schock- oder Vibrationsmessung der Messwert später abgelesen werden kann. Das Gerät ist mit einem beleuchteten Dot-Matrix-Display ausgestattet und verfügt über eine menügesteuerte Bedienung. Als Sensor kommt der zuvor beschriebene ADXL 210 im Miniatur-LCC-Gehäuse zum Einsatz, dessen Abmessungen nur $5 mm \times 5 mm \times 2 mm$ betragen (Abbildung 3).

An einer seriellen Schnittstelle werden die Beschleunigungsdaten zur externen Weiterverarbeitung, z. B. mit einem PC, ausgegeben.

Die Beschleunigungs-Messwerte für X und Y und die zugehörigen Maximalwerte sind gleichzeitig im 2-Zeilen-Matrix-Display abzulesen (Abbildung 4). Zur Spannungsversorgung des Gerätes dient eine interne 9-V-Blockbatterie.

Bedienung

Zur Bedienung des Beschleunigungsmessers BM 2 stehen insgesamt 5 Tasten zur Verfügung, wobei die beiden linken Taster zum Ein- und Ausschalten des Gerätes dienen. Mit der mittleren Taste „Menü“ wird das gewünschte Einstell-

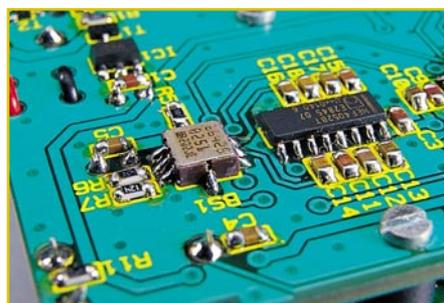


Bild 3: Sensorelement des BM 2

Menü Licht



Während die Stromaufnahme der gesamten Elektronik weniger als 15 mA beträgt, wird für die grüne Display-Hinterleuchtung ca. 135 mA benötigt. Ein wesentlicher Faktor für die Batteriebelastung ist somit die Display-Hinterleuchtung. Mit der Taste „Auswahl“ kann nun bestimmt werden, ob die Beleuchtung ständig ausgeschaltet, ständig eingeschaltet oder nach jeder Tastenbetätigung für 5 Sek., 10 Sek. oder 30 Sek. aktiviert werden soll.

Menü Auto-Power-off



In diesem Menü kann mit der „Auswahl“-Taste bestimmt werden, ob sich das Gerät nach 5 Min., 10 Min. oder 30 Min. automatisch vollständig abschalten soll. Des Weiteren kann diese Funktion deaktiviert werden, d. h. das Gerät bleibt so lange eingeschaltet, bis es mit der „Aus“-Taste deaktiviert wird.

Schnittstelle

An einer 6-poligen Western-Modular-Buchse steht eine serielle Schnittstelle zur Verfügung, die direkt mit der RS-232-Schnittstelle eines PCs verbunden werden kann. Hier wird im Normalbetrieb ca. alle 100 ms ein Datentelegramm gesendet. Während des Zugriffs auf das Menü erfolgt keine Datenausgabe. Die Datenübertragung erfolgt mit 9600 Baud, 1 Startbit, 8 Datenbits, 1 Paritätsbit (even) und 1 Stoppbit, wobei das Datentelegramm folgenden Aufbau hat:

Datentelegramm									
STX	x	x max	y	y max	ETX				
0x02	hi byte	lo byte	0x03						
0x02									0x03

Die Datenbytes sind vorzeichenbehaftete Integer-Werte, die zum Übertragen in lo Byte und hi Byte aufgeteilt wurden.

- x: aktueller Beschleunigungswert der X-Achse in 10 mg
- x max: maximaler Beschleunigungswert der X-Achse in 10 mg
- y: aktueller Beschleunigungswert der Y-Achse in 10 mg

y max: maximaler Beschleunigungswert der Y-Achse in 10 mg

Der Wertebereich der Datenbytes ist ± 999 . Damit kann eine Beschleunigung von $\pm 9,99$ g gemessen werden.

Schaltung

Die Schaltung des Beschleunigungsmessers BM 2 ist in Abbildung 5 dargestellt, woneben dem 2-Achsen-Beschleunigungssensor BS 1 des Singlechip-Mikrocontrollers IC 2 die zentralen Bauelemente sind. Der Programmcode des Prozessors befindet sich in einem chipinternen 8-kByte-Flash-Speicher und die Menüeinstellungen werden in einem im Mikrocontroller integrierten EEPROM-Bereich abgelegt. Der intern kalibrierte RC-Oszillator benötigt keine externe Beschaltung. Die gesamte Beschaltung, die zum Betrieb des Prozessors erforderlich ist, besteht aus dem Widerstand R 13 am Reset-Eingang und aus den Abblockkondensatoren C 7 bis C 10.

An Port PC 0 bis Port PC 2 sind die Bedientasten TA 3 bis TA 5 angeschlossen. Auch hier wird keine weitere externe Beschaltung benötigt, da interne Pull-up-Widerstände vorhanden sind.

Der Programmieradapter PRG 1 dient ausschließlich in der Produktion zur Programmierung des Mikrocontrollers.

Direkt mit dem Mikrocontroller verbunden ist das intelligente Dot-Matrix-Display LCD 1. Dieses Display kann in 2 Zeilen jeweils 16 Zeichen gleichzeitig darstellen, wobei die Ansteuerung über einen 8-Bit-Datenbus und die Steuerleitungen RS, R/W und CE erfolgt.

Der Kontrast des mit 5 V betriebenen Displays ist mit Hilfe des Trimmers R 12 in einem weiten Bereich einstellbar.

Wie bereits erwähnt, verfügt das Display über eine LED-Hinterleuchtung, die über den Vorwiderstand R 14 direkt an die Batteriespannung angeschlossen ist. Dadurch wird der Spannungsregler IC 1 nicht mit dem LED-Strom belastet. Ein- und ausgeschaltet wird die Hinterleuchtung mit dem Transistor T 5. Dieser Transistor steuert im eingeschalteten Zustand durch und zieht die Katodenanschlüsse der Leuchtdioden auf Massepotential. Das Steuersignal für den Transistor wiederum kommt von Port PD 5 des Mikrocontrollers.

Zur Erfassung der Beschleunigungswerte in 2 Achsen dient der Beschleunigungssensor BS 1 von Analog-Devices, dessen Messbereich, wie bereits erwähnt, jeweils ± 10 g beträgt. Wenn der Sensor in der jeweiligen Achse keiner Beschleunigung ausgesetzt wird, beträgt das Tastverhältnis 50 %, wobei die Widerstände R 6 und R 7 die Periodendauer für beide Ausgänge gleichzeitig bestimmen. Je nach Beschleunigungsrichtung verringert oder vergrößert

berst sich dann das Tastverhältnis der PWM-Signale, die direkt auf Port PD 2 (Pin 32) und PD 3 (Pin 1) des Mikrocontrollers gegeben werden.

Die Bandbreite der Beschleunigungsmessung wird an Pin 6 und Pin 7 des ADXL 210E mit Hilfe von externen Filterkondensatoren (C 11–C 18) eingestellt. Mit Hilfe des CMOS-Multiplexers IC 4 erfolgt die Auswahl der Bandbreite für die X- und Y-Richtung gleichzeitig. Zur Verfügung stehen dabei die Bandbreiten 10 Hz, 50 Hz, 500 Hz und 5 kHz. Gesteuert wird der Multiplexer von PD 6 und PD 7 des Mikrocontrollers.

Neben der direkten Darstellung auf dem Display werden die Messwerte zusätzlich in serieller Form an PD 1 (Pin 31) des Mikrocontrollers ausgegeben. Die Pegelumsetzung auf RS-232-Pegel wird mit den Transistoren T 3, T 4 und den Widerständen R 8 bis R 10 vorgenommen. Von der Software des PCs ist das RTS-Signal an Pin 3 auf +12 V und das DTR-Signal an Pin 1 auf -12 V zu legen.

Ausgegeben wird letztendlich das serielle Datentelegramm an Pin 2 der 6-poligen Western-Modular-Buchse BU 1.

Die Spannungsversorgung des BM 2 ist einfach und oben links im Schaltbild zu sehen. Der Minusanschluss der 9-V-Blockbatterie ist direkt mit der Schaltungsmasse verbunden und die positive Spannung gelangt auf den Emitter des Transistors T 1. Dieser Transistor kann über den Taster TA 2 (Ein) oder über den Transistor T 2 in den leitenden Zustand versetzt werden. Sobald die Taste betätigt wird und T 1 durchgeschaltet hat, erhält die Schaltung und somit auch der Prozessor seine Betriebsspannung.

Der Mikrocontroller gibt sofort an PC 3 ein „High-Signal“ aus und steuert über R 3 den Transistor T 2 durch, der wiederum den „Ein-Zustand“ des Gerätes hält.

Zum Ausschalten des BM 2 gibt es nun 2 Möglichkeiten. Zum einen kann dies mit Hilfe des Taster TA 1 (Aus) erfolgen und zum anderen kann T 2 über den Port PC 3 wieder in den Sperrzustand versetzt werden. Dadurch ist auf recht einfache Weise eine Auto-Power-off-Funktion realisiert, die das Gerät nach der vorgegebenen Zeit automatisch ausschaltet. Über das Einstellmenü ist die Auto-Power-off-Funktion auch deaktivierbar.

Bei durchgeschaltetem Transistor T 1 gelangt die Batteriespannung auf den Pufferelko C 19 und den Eingang des Spannungsreglers IC 1, an dessen Ausgang dann die stabilisierte Spannung von 5 V zur Schaltungsversorgung zur Verfügung steht. C 2 dient am Reglerausgang zur Schwingneigungsunterdrückung, und C 1, C 3 sorgen für eine ausreichende HF-Abblockung. Der Beschleunigungssensor wird über ein

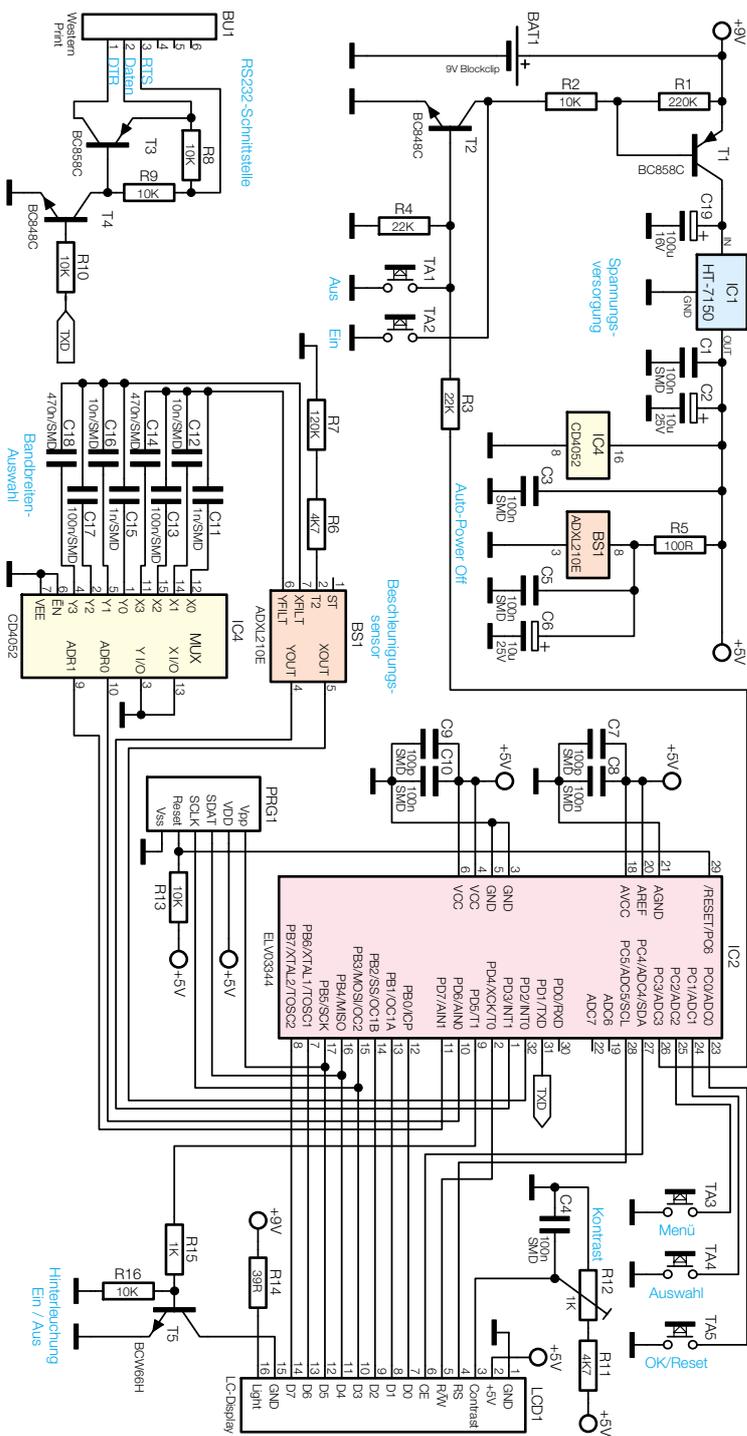


Bild 5: Schaltbild des Beschleunigungsmessers BM 2

zusätzliches Siebglied, aufgebaut mit R 5 und C 6, versorgt. Auch hier dient C 5 zur hochfrequenten Störabblockung.

Nachbau

Die Schaltung des Beschleunigungsmessers BM 2 besteht zwar nur aus einer Hand voll Bauteile, jedoch wird aufgrund der Miniaturbauweise beim Sensor und des geringen Pin-Abstandes beim Mikrocontroller Lötterfahrung vorausgesetzt.

Grundvoraussetzung für die Verarbeitung der winzigen SMD-Komponenten von Hand ist ein LötKolben mit sehr feiner Lötspitze,

dünnes SMD-Lötzinn sowie eine Pinzette zum Fassen und Positionieren der kleinen SMD-Teile. Hilfreich sind weiterhin Entlötsauglitzte und eine Lupe oder Lupenleuchte.

Wir beginnen die Bestückungsarbeiten mit dem Auflöten des Singlechip-Mikrocontrollers, da ohne weitere Komponenten auf der Leiterplatte die Anschlusspins optimal zugänglich sind.

Ganz wichtig ist dabei die korrekte Einbaulage, da ein versehentlich mit falscher Polarität eingebauter Mikrocontroller kaum ohne Beschädigung wieder von der Leiterplatte zu entfernen ist. Beim Bestücken muss die Punktmarkierung des Bauteils

mit der abgeschrägten Ecke im Bestückungsdruck übereinstimmen.

An einer beliebigen Gehäuseecke wird ein LötPad der Leiterplatte vorverzinnt und dann der Controller polaritätsrichtig positioniert. Nach dem Verlöten dieses Anschlusspins wird überprüft, ob alle weiteren Anschlüsse exakt mittig auf den vorgesehenen LötPads aufliegen. Wenn dies der Fall ist, werden alle weiteren Anschlüsse verlötet. Versichtlich zwischen den Anschlusspins laufendes Lötzinn ist mit Entlötsauglitzte abzusaugen.

Danach wird in der gleichen Weise IC 4 bestückt, wobei zur Orientierung die Pin 1 zugeordnete Gehäuseseite leicht angeschrägt ist. Die angeschrägte Gehäuseseite des Bauteils muss mit der Doppellinie im Bestückungsdruck übereinstimmen.

Beim Miniatur-Beschleunigungssensor des Typs ADXL 210E ist eine kleine Punktmarkierung an der Bauteilunterseite. Diese Punktmarkierung muss beim Einbau mit der Punktmarkierung im Bestückungsdruck übereinstimmen. Aufgrund der Bauform sind die Anschlusspins nur von der Seite zugänglich.

Durch die Pin-Konstruktion ist ein Verpolen bei den danach aufzulötenden SMD-Transistoren kaum möglich, wobei darauf zu achten ist, dass die verschiedenen Transistortypen nicht verwechselt werden.

Danach geht es mit den SMD-Widerständen weiter, deren Widerstandswert direkt auf dem Gehäuse aufgedruckt ist. Die letzte Ziffer des Aufdrucks gibt grundsätzlich die Anzahl der Nullen an.

Im Gegensatz zu den Widerständen ist bei den SMD-Kondensatoren keine Kennzeichnung vorhanden. Da hier eine hohe Verwechslungsgefahr besteht, sollten diese Bauteile erst direkt vor dem Verarbeiten aus der Verpackung entnommen werden.

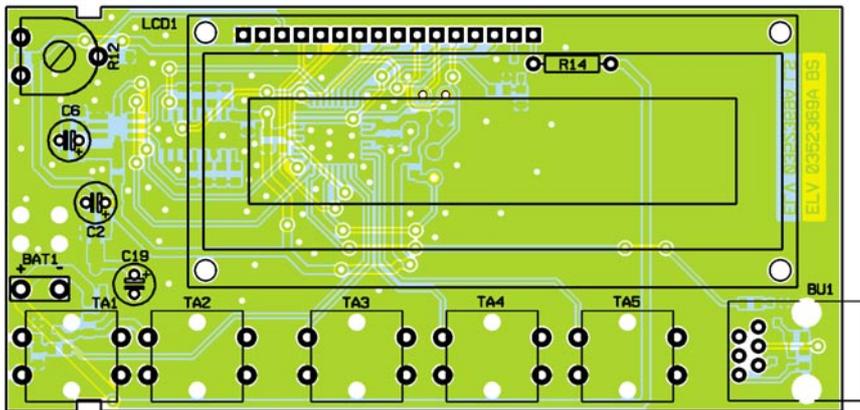
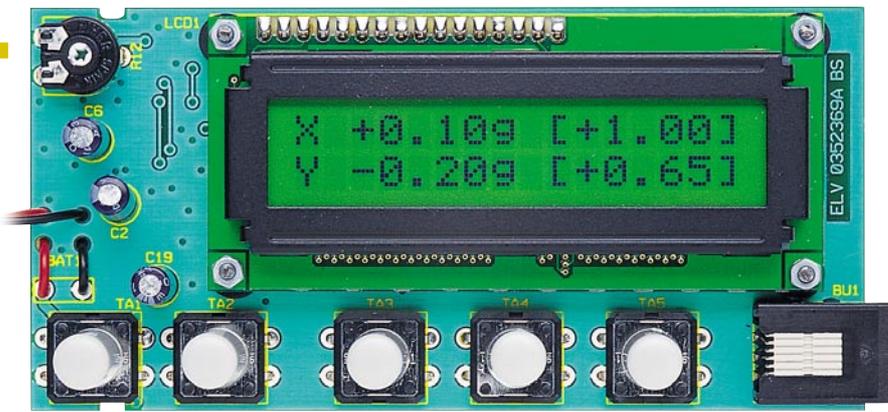
Nach dem Auflöten des Miniatur-Spannungsreglers IC 1 ist die SMD-Seite der Leiterplatte bereits vollständig bestückt.

An der Platinenunterseite beginnen wir die Bestückungsarbeiten mit dem bedrahteten Widerstand R 14, dessen Anschlüsse zuerst auf Rastermaß abzuwinkeln sind. Nach dem Einsetzen und dem Verlöten an der Platinenunterseite werden die überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen abgeschnitten.

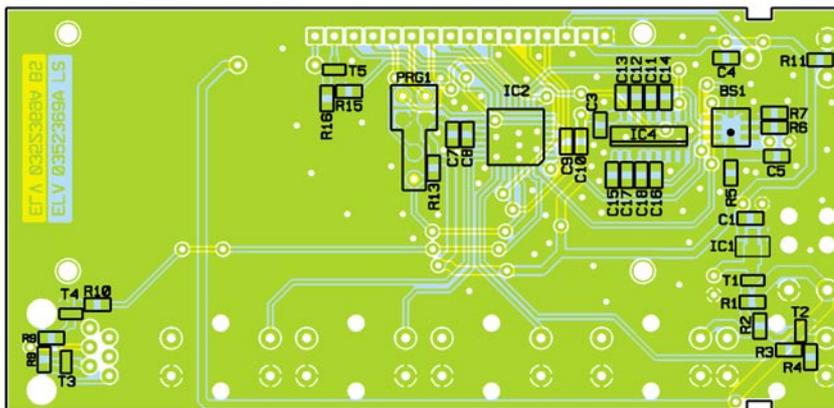
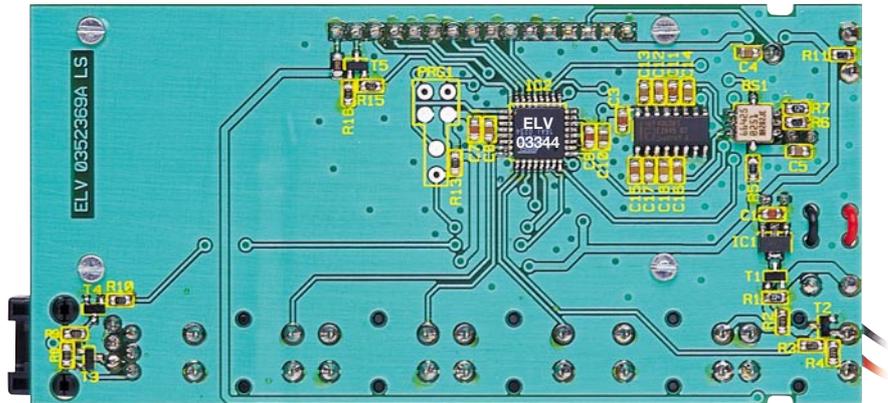
Danach erfolgt dann unter Beachtung der korrekten Polarität das Einlöten der Elektrolytkondensatoren. Auch hier werden die überstehenden Drahtenden so kurz wie möglich abgeschnitten.

Die 5 Bedientaster und der Einstelltrimmer müssen vor dem Verlöten plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Die Taster werden gleich im Anschluss hieran mit einem Tastknopf bestückt.

Wie auf dem Platinenfoto zu sehen, sind die Anschlussleitungen des 9-V-Batterieclips vor dem Verlöten zur Zugentlastung



Ansicht der fertig bestückten Platine des Beschleunigungsmessers BM 2 mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der SMD-Lötseite



durch die zugehörige Bohrung der Leiterplatte zu führen.

An der Displayeinheit ist zuerst eine 16-polige Stiftleiste anzulöten. Dann wird, entsprechend des Platinenfotos, das Display mit 4 Schrauben M2,5x12 mm und den zugehörigen Muttern und Zahnscheiben auf

die Leiterplatte montiert. 5 mm lange Distanzröllchen bestimmen dabei den Abstand zwischen der Displayeinheit und der Basisplatine. Erst nach dem festen Verschrauben werden die Anschlüsse sorgfältig verlötet und so kurz wie möglich abgeschnitten.

Nach einer gründlichen Überprüfung

Stückliste: 2-Achsen-Beschleunigungsmesser

Widerstände:

39 Ω	.....	R14
100 Ω/SMD	.....	R5
1 kΩ/SMD	.....	R15
4,7 kΩ/SMD	.....	R6, R11
10 kΩ/SMD	.....	R2, R8–R10, R13, R16
22 kΩ/SMD	.....	R3, R4
120 kΩ/SMD	.....	R7
220 kΩ/SMD	.....	R1
PT10, liegend, 1 kΩ	.....	R12

Kondensatoren:

100 pF/SMD	.....	C7, C9
1 nF/SMD	.....	C11, C15
10 nF/SMD	.....	C12, C16
100 nF/SMD	.....	C1, C3–C5, C8, C10, C13, C17
470 nF/SMD	.....	C14, C18
10 µF/25V	.....	C2, C6
100 µF/16V	.....	C19

Halbleiter:

HT7150/SMD	.....	IC1
ELV03344/SMD	.....	IC2
CD4052/SMD	.....	IC4
BC858C	.....	T1, T3
BC848C	.....	T2, T4
BCW66H/Infineon	.....	T5
LCD MBC1620B, 2-zeilig	.....	LCD1

Sonstiges:

Beschleunigungssensor ADXL210E, SMD	.....	BS1
Western-Modular-Buchse 6P6C, print	.....	BU1
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein	.....	TA1–TA5
Tastknopf, 18 mm	.....	TA1–TA5
9-V-Batterieclip	.....	BAT1
Stiftleiste, 1 x 16-polig, gerade	.....	LCD1
4 Zylinderkopfschrauben, M2,5x12 mm	.....
4 Muttern, M2,5	.....
4 Fächerscheiben, M2,5	.....

hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehler ist die Batterie anzuschließen und die Platine in das dafür vorgesehene Profil-Schiebegehäuse einzubauen. Nach einem ersten Funktionstest ist das Gerät wieder auszuschalten und der Abgleich durchzuführen.

Abgleich

Der Abgleich des BM 2 ist besonders einfach. Zuerst ist das Gehäuse in eine absolut waagerechte Position zu bringen. Danach wird das Gerät bei gedrückter „OK/RESET“-Taste eingeschaltet, worauf im Display die automatische Kalibrierung angezeigt wird. Dem Einsatz dieses interessanten Messgerätes steht nun nichts mehr im Wege. **ELV**