



Poti ohne Schleifer:

- Verschleißfrei
- Vandalismussicher

TouchWheel TW 128 Auf Tuchfühlung bedient!

Das TouchWheel TW128 dient als Inkrementalgeber-Ersatz. Hierbei werden die Impulse jedoch nicht durch mechanische Betätigung erzeugt, sondern durch Kapazitätsänderung beim Berühren der Frontplatte. Hierdurch ist es möglich, gekapselte, vandalismussichere Drehgeber zu bauen, die eine Vielzahl von Aufgaben lösen können. Durch seine Open-Collector-Ausgänge ist das TW128 universell einsetzbar und kann auch bestehende Inkrementalgeber ersetzen.

Gefühltes „Poti“

Wohl jedem von uns sind berührungssensitive Schaltflächen bereits bekannt, am weitesten sind diese sicher in der Anwendung innerhalb so genannter Touchscreen-Bildschirme und an Haushaltsgeräten (Abbildung 1) verbreitet. Aber auch als vandalismussichere Tasten im öffentlichen Bereich, z. B. an Ampeln oder Aufzügen, sind derartige Schaltflächen im täglichen

Technische Daten: TW 128	
Spannungsversorgung:	5 V _{DC}
Stromaufnahme:	2 mA
Auflösung:	128 Schritte/ 360°
Abm. (B x H x T), mm:	70 x 32 x 53 (inkl. Frontplatte)

Gebrauch. Eine interessante Applikation hierzu findet sich auch in diesem „ELV-Journal“ in Form des Funk-Näherungsschalters FS20 SN.

Dass sich hingegen auch dynamische Bedienelemente wie Potentiometer oder deren digitale Verwandten, die Drehgeber (Inkrementalgeber), in ähnlicher Funktionsweise realisieren lassen, ist noch relativ unbekannt, da in der Praxis noch recht selten zu finden. Abbildung 2 zeigt einen Schieberegler in berührungssensitiver Technik. Das Gefühl, ein solches Element zu bedienen, ist etwas ungewohnt, aber jeder, der schon einmal ein Potentiometer, einen Schieberegler oder einen Drehgeber virtuell per Computermaus innerhalb eines PC-Programms bedient hat, kennt es – man gewöhnt sich schnell daran.

Die Vorteile derartiger Bedienelemente liegen auf der Hand – sie sind völlig verschleißfrei und extrem langlebig, da ohne jedes mechanisch bewegte Element aus-

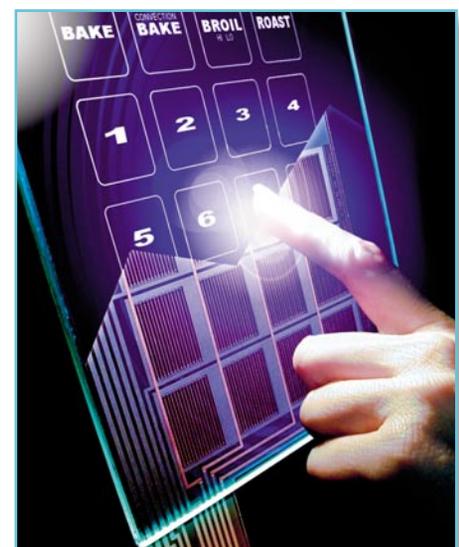


Bild 1: Bereits weit verbreitet – berührungsempfindliche Tasten, hier für ein Haushaltsgerät (Foto: Quantum)



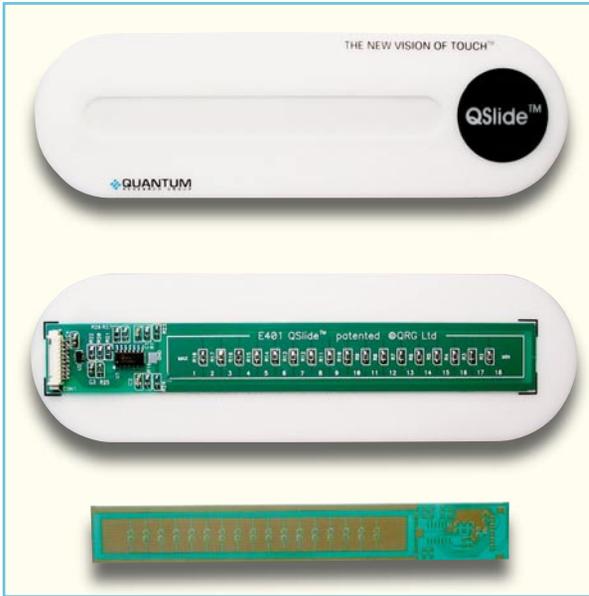


Bild 2: Pendant zum Drehsteller: Berührungssensor in Schiebereglerform – die QSlide-Serie (Foto: Quantum)

geführt, vandalismus- und manipulations-sicher. Im Endeffekt sind diese Sensoren, in großer Serie eingesetzt, weit billiger als etwa Drehgeber. Und sie bieten dem Gerätedesigner ungeahnte Möglichkeiten der Ausführung seiner Bedienfelder – so sind diese „touch sensors“, so die englische Bezeichnung dieser Bauelemente, z. B. auch sehr einfach von hinten beleuchtbar (Abbildung 3 zeigt einen hinterleuchteten Mehrfach-Tastensensor mit Glasfront), ohne dazu zusätzlich Lichtleiter o. Ä. einsetzen zu müssen. Die Bedienflächen sind hinter jedem nicht leitenden Material (Glas, Kunststoff o. Ä.) installierbar und können so vor nahezu beliebigen Umwelteinflüssen geschützt untergebracht werden.

Genau so ein Sensor, ein QT 510 von Quantum, bildet die Grundlage der Konstruktion unseres TW 128. Dieser geht weit über die einfache Tastensensor-Anwendung hinaus – er kann als vollwertiger Inkrementalgeber-Ersatz (Touch Wheel) arbeiten und realisiert auf 360 Grad Drehwinkel 128 Impulsschritte, mit entsprechender Indikation der „Drehrichtung“. Die Bedienung erfolgt ganz einfach durch Berühren mit dem Finger und Bewegen des Fingers in die gewünschte Richtung.



Bild 3: Berührungssensoren sind hervorragend für die Hinterleuchtung geeignet (Foto: Quantum)

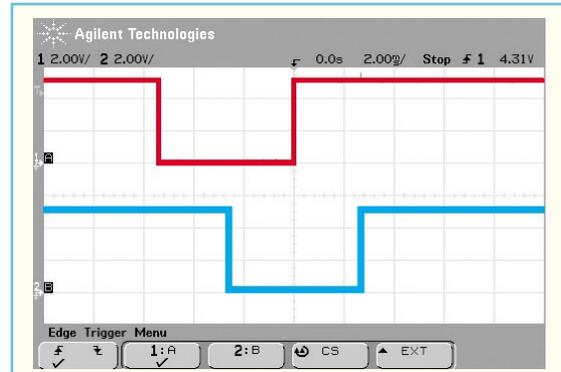
Das ausgangsseitige Verhalten des TW 128 ist in Abbildung 4 illustriert. Hier erkennt man sehr schnell, dass das Signalverhalten voll dem eines Inkrementalgebers entspricht, der auf dem richtungsabhängigen Auslösen integrierter Taster beruht. Durch Bewegen des Fingers erzeugt das Touch Wheel an den Ausgängen A und B bzw. C und D Impulsfolgen wie bei einem Inkrementalgeber. Die Ausgangssignale an C und D entsprechen den Signalen an A und B, sind jedoch für die direkte Ansteuerung eines Controllers vorgesehen, der 3-V-Logikpegel auswerten kann. Als Beispiel betrachten wir anhand der Oszillogramme in Abbildung 4 das „Drehen“ im Uhrzeigersinn: Erst wird A (bzw. C) und dann wird B (bzw. D) auf „low“ gezogen (siehe auch Oszillogramme). Aus dem Impulsverlauf entnimmt der auswertende Mikroprozessor die Drehrichtung, die Schrittzahl und die Schrittgeschwindigkeit. Beim TW 128 sind die Schaltkontakte A und B des Inkrementalgebers durch Open-Collector-Schaltausgänge nachgebildet.

Damit sind alle klassischen Anwendungsgebiete des Inkrementalgebers wie Menüauswahl oder Analogwerteingabe, mit diesem Sensor zugänglich.

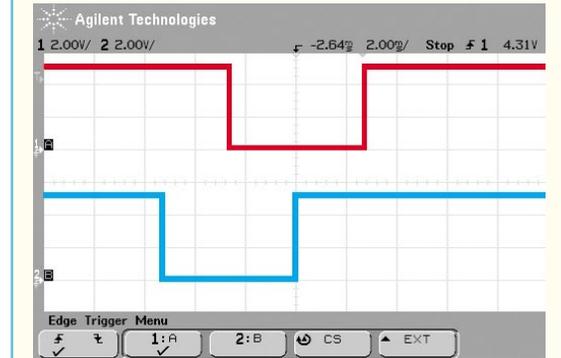
Wenden wir uns kurz dem Funktionsprinzip des Sensors zu.

Wie funktioniert's?

Der Sensor arbeitet grundsätzlich nach

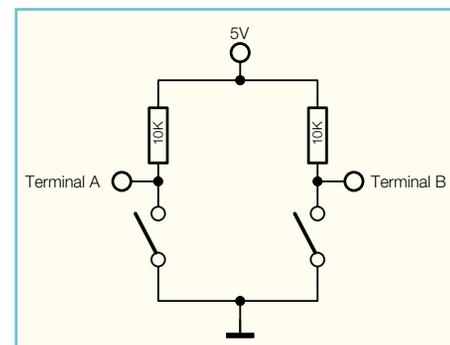


Ausgangssignale A und B; Bewegung im Uhrzeigersinn



Ausgangssignale A und B; Bewegung gegen den Uhrzeigersinn

dem Prinzip des kapazitiven Näherungssensors, bei dem ein elektrisches Feld durch das Annähern der menschlichen Hand, die bestimmte dielektrische Eigenschaften aufweist, die sie etwa von der Luft oder Gegenständen unterscheiden, verändert wird. Beim hier eingesetzten Sensor wurde das Prinzip modifiziert. Heraus kam ein patentierter Sensor, der nach dem Charge-Transfer-Verfahren (Ladungstransfer, QT) zur Bestimmung von Kapazitätsänderungen arbeitet. Dabei erfolgt die Messung nach einem elementaren Prinzip der Physik – der Ladungserhaltung. Hier wird eine Elektrode mit unbekannter Kapazität über elektronische Schalter auf ein bekanntes Potential aufgeladen. Dann wird die resultierende (unbekannte) Ladung in eine Messschaltung gegeben und ermittelt. Durch ein- oder mehrfaches Laden und Messen kann die



Die Anschlussbelegung eines Inkrementalgebers

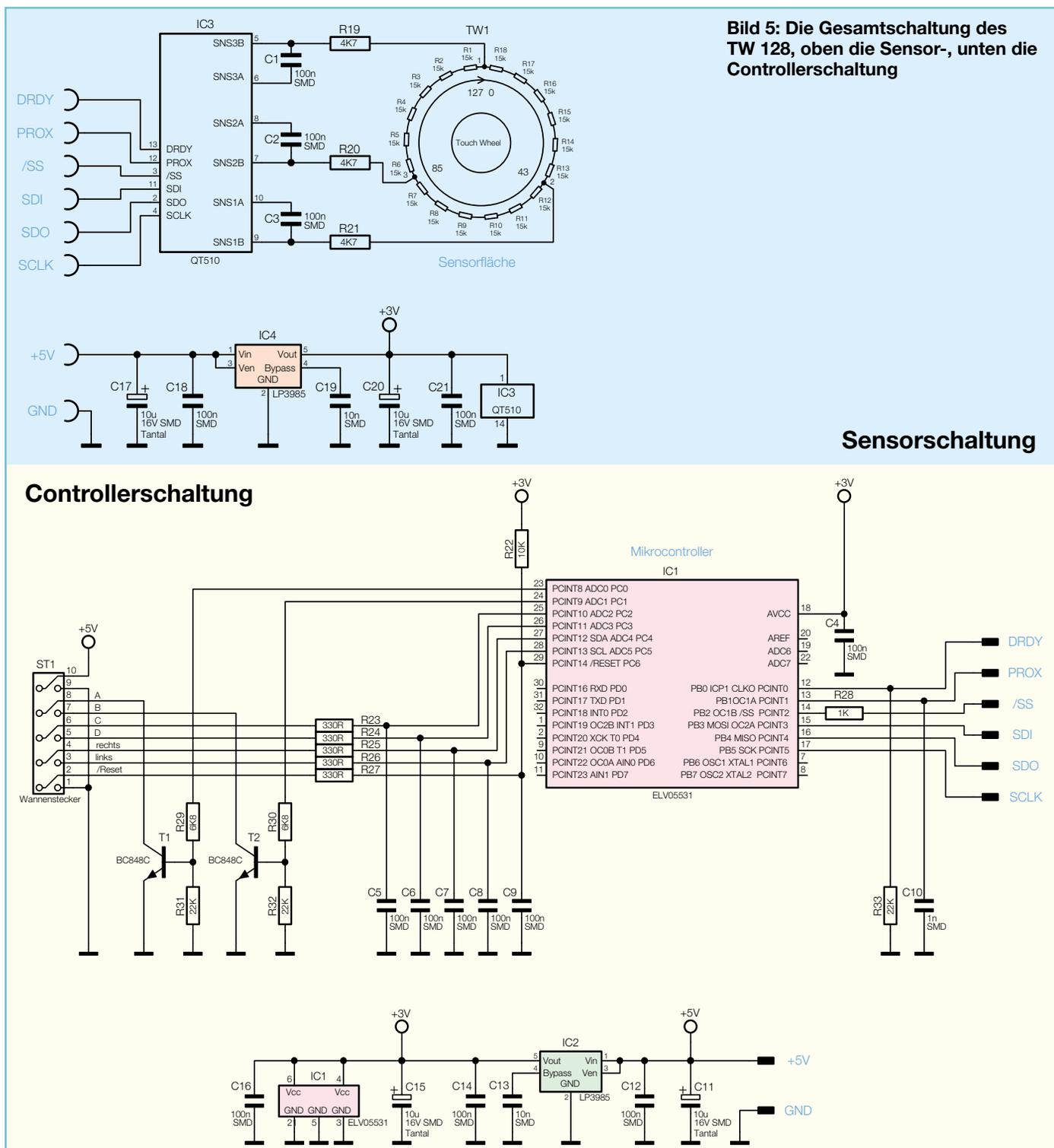


Bild 5: Die Gesamtschaltung des TW 128, oben die Sensor-, unten die Controllerschaltung

Sensorschaltung

Controllerschaltung

Kapazität der Elektrode bestimmt werden. Bereits geringe Abweichungen der gemessenen Ladung (z. B. durch Annähern der Hand an das Touch Wheel) können erkannt und ausgewertet werden.

Über eine ausgeklügelte Beschaltung mehrerer Ring-Sensorelektroden mit Widerständen und mit dem Sensorschaltkreis, der zusammen mit den Widerständen drei Kapazitäts-„Abtast“-Regionen (Samples) auswertet, kann so die Bewegungsrichtung ermittelt und entsprechend aufbereitet werden. Der Sensor erzeugt eine Auflösung von 7 Bit über den „Drehwinkel“ von 360 Grad

und gibt so 128 Schritte (0...127) je Umdrehung über ein Serial Peripheral Interface (SPI, synchroner, serieller Datenbus mit Master-Slave-Kommunikation zwischen einem Host-Controller und prinzipiell beliebig vielen, parallel geschalteten Busteilnehmern) an den auswertenden Controller aus. Über das Interface sorgt dieser auch für die Steuerung des komplexen Sensorschaltkreises, z. B. ein Reset.

Der Sensor kann hinter bis zu drei Millimeter dicken, nicht leitenden Panels (Frontplatten) untergebracht und auch mit Handschuhen bedient werden.

Aufgrund des einfachen Aufbaus ist er inzwischen recht preiswert verfügbar und kann so in vielen Applikationen zum Einsatz kommen, um die eingangs erwähnten Eigenschaften zu realisieren.

Der TW 128 ist als kompakter Baustein im Sandwich-Format konstruiert und kann so sehr einfach in eigenen Applikationen und Gehäusen installiert werden.

Schaltung

Die Schaltung (Abbildung 5) besteht aus zwei Teilen, dem Sensor- (oben) und



dem Controllerteil (unten), die über die bereits erwähnte SPI-Schnittstelle verbunden sind. Jeder Teil verfügt über eine eigene Aufbereitung der Spannungsversorgung.

Sensorschaltung

Hier ist der detaillierte Aufbau des Touch Wheels zu sehen. Rechts befindet sich die Sensorfläche TW 1 mit den zwischen den einzelnen Abschnitten der Ring-Elektrode geschalteten Widerständen R 1 bis R 18. Die RC-Kombinationen C 1/R 19, C 2/R 20 und C 3/R 21 bilden jeweils einen Tiefpass, der Störfelder von den empfindlichen Sensoreingängen fernhalten soll. Die Hauptfunktion von C 1 bis C 3 ist jedoch der Messwertabgleich mit den Eigenschaften des Touch Wheels.

Dessen Empfindlichkeit ist abhängig von der Dicke und dem Material des Panels vor dem Sensor. Das beste Material ist dünnes Glas, das schlechteste dicker Kunststoff (max. 3 mm).

Die hier gewählten Werte für die so genannten „charge-sensing sample“-Kondensatoren ist ein durch die Hersteller-Applikationsvorschrift empfohlener Wert, der auf das hier verwendete Panel abgestimmt ist.

Während des Betriebes wird periodisch eine Drift-Kompensation ausgeführt (zur Kompensierung von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen).

Die Kommunikation zwischen dem Sensor-Schaltkreis IC 3 und dem auswertenden und steuernden Prozessor IC 1 erfolgt über die bereits erwähnte SPI-Schnittstelle, zu der die Anschlüsse SDI (serial data input), SDO (serial data output), SCLK (serial clock input) sowie zusätzlich die Leitung SS (slave select) gehören. „Input/Output“ bezieht sich immer auf den Sensor-Schaltkreis.

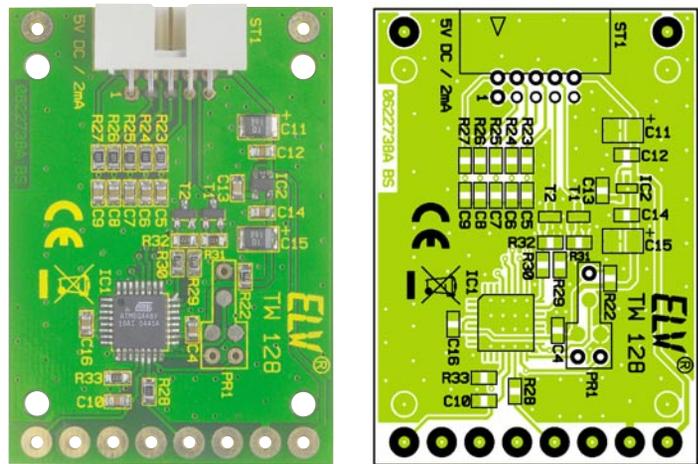
Während über die drei erstgenannten Busleitungen der normale Datenverkehr zwischen IC 1 und IC 3 abgewickelt wird, gehört es zu den Eigenheiten des SPI, dass der jeweilige Busteilnehmer (Slave) über die \overline{SS} -Leitung angesprochen wird. Ist der QT 510 bereit zur Datenübermittlung, geht die Ready-Leitung DRDY auf „high“ und signalisiert dem Controller, dass die Datenabfrage beginnen kann. Zusätzlich übermittelt die Leitung PROX ein High-Signal, wenn eine Kapazitätsänderung (also z. B. das Berühren von TW 1 mit einem Finger) stattfindet.

IC 4 erzeugt aus der 5-V-Versorgungsspannung eine stabile 3-V-Spannung für IC 3. Die Kondensatoren C 17 bis C 20 dienen der Siebung und Störunterdrückung, C 21 blockt Störungen unmittelbar an IC 3 ab.

Controllerschaltung

Hier befindet sich der Mikrocontroller

Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des TW 128 mit zugehörigem Bestückungsplan



IC 1 als auswertendes und steuerndes Zentrum der Schaltung.

Auf der Sensor- bzw. SPI-Seite sorgen C 10 und R 28 für die Unterdrückung von Störungen auf den entsprechenden Leitungen, R 33 legt die DRDY-Leitung bei Inaktivität auf Low-Pegel. C 4 unterdrückt Störungen auf der Betriebsspannungsleitung unmittelbar am Controller.

R 22 dient einem sicheren Start des Controllers beim Einschalten der Betriebsspannung. Die RC-Glieder R 23/C 5 bis R 27/C 9 fungieren als Störunterdrückung auf den Leitungen zu ST 1.

Die beiden Open-Collector-Transistorstufen mit T 1 und T 2 stellen den direkten Ersatz der beiden Inkrementalgeber-Kontakte dar. Sie wurden gewählt, um auch Geräte mit anderen Betriebsspannungen als 3 V, der Betriebsspannung des Controllers, ansteuern zu können.

Wollen wir jetzt einmal die einzelnen Ausgangssignale und ihre Funktion betrachten:

- *A und B:* Hier arbeiten die beiden eben diskutierten Open-Collector-Ausgangsstufen, die jeweils einen der Inkrementalgeber-Kontakte ersetzen. Bei Betätigung an TW 1 im Uhrzeigersinn wird erst A (T 1) und danach B (T 2) auf Masse gezogen (siehe auch die entsprechenden Oszillogramme in Abbildung 4). Bei Betätigung gegen den Uhrzeigersinn hingegen erfolgt die Ansteuerung der Transistoren in umgekehrter Reihenfolge (siehe auch hierzu die Oszillogramme in Abbildung 4).
- *C und D:* Diese beiden Ausgänge reagieren wie A und B, führen jedoch alternativ zu A und B 3-V-Logikpegel. Sie können zur direkten Ansteuerung eines externen Controllers dienen, sofern dieser ebenfalls 3-V-Logikpegel verarbeiten kann.
- *rechts:* Bei Betätigung von TW 1 im Uhrzeigersinn erscheint an diesem Ausgang bei jedem der 128 möglichen Schritte für ca. 8 ms High-Pegel.
- *links:* Bei Betätigung von TW 1 gegen den Uhrzeigersinn erscheint an diesem

Ausgang bei jedem der 128 möglichen Schritte für ca. 8 ms High-Pegel.

An die beiden Ausgänge C/D sowie „links/rechts“ können auch Kontroll-LEDs direkt angeschlossen werden, in diesem Fall fungieren R 23 bis R 26 als LED-Vorwiderstände.

- *Reset-Eingang:* Der Eingang „Reset“ ist low-aktiv. Wird dieser auf „low“ gezogen, erfolgt ein Reset des Controllers IC 1. Dieser startet dann auch den QT 510 neu. Nach dem Einschalten bzw. einem Reset führt der QT 510 eine automatische Kalibrierung durch. Während dieser Kalibrierung sollte das TW128 sich in der später gewünschten Lage befinden und nicht berührt werden.

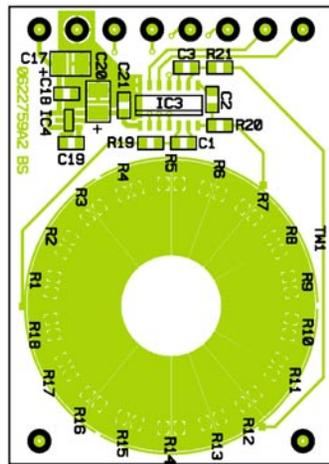
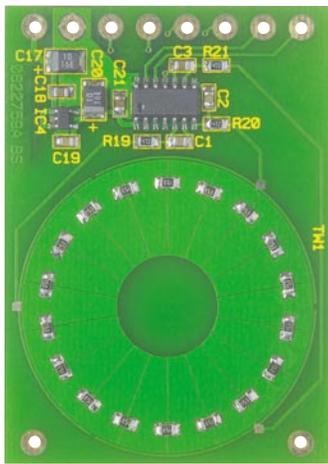
Die 3-V-Stromversorgung mit IC 2 und C 11 bis C 15 entspricht der der Sensorschaltung und erzeugt hier die 3-V-Betriebsspannung für IC 1.

Nachbau

Der Aufbau des TW 128 erfolgt entsprechend des Schaltungsaufbaus auf zwei Platinen, der Sensor- und der Basisplatine. Beide sind bereits mit allen SMD-Bauteilen bestückt, so dass die oft schwierig auszuführende SMD-Bestückung für den Nachbau entfällt. Diese Bestückung ist lediglich anhand von Bestückungsplan, Stückliste, Bestückungsdruck und ggf. unter Zuhilfenahme der Platinenfotos auf Fehlbestückung, Lötbrücken usw. zu kontrollieren. So beschränken sich die Lötarbeiten auf wenige Bauteile. Dennoch ist bei der Bestückung und Montage äußerste Sorgfalt walten zu lassen, da beides sehr exakt erfolgen muss, um die sichere Funktion des Sensors zu gewährleisten.

Die Bestückung beginnt mit der des Wannensteckers ST 1. Dessen Kontakte sind so in die Basisplatine (Bestückungsseite) einzusetzen, dass der Steckerkörper völlig plan auf der Platine aufliegt. Erst dann sind seine Kontakte auf der Lötseite mit reichlich Lötzinn zu verlöten.

Danach werden von der Lötseite her die



Ansicht der fertig bestückten Sensorplatine des TW 128 mit zugehörigem Bestückungsplan

Lötstifte so eingesetzt und auf der Bestückungsseite verlötet, dass ihre Stopp-Kragen auf der Platine aufsitzen (siehe auch Abbildung 6).

Beim nun folgenden Einsetzen und Verlöten der Lötstifte mit der Sensorplatine, beides von der Bestückungsseite her, ist strikt darauf zu achten, dass die Lötstifte keinesfalls auf der Oberseite der Platine herausragen (Abbildung 7). Ansonsten ist die plane und festsitzende Montage der

ist mit einem Pfostensteckverbinder zu versehen. Auf dessen Messerkontakte ist das Flachbandkabel aufzuquetschen. Dafür setzt man zweckmäßigerweise eine spezielle Quetschzange ein. Aber auch das Aufpressen mit Hilfe eines Schraubstocks ist möglich, da auch hier die Kraftübertragung gleichmäßig über die gesamte Kabelbreite erfolgt. Das Flachbandkabel ist gerade in den Pfostenverbinder zu legen, und anschließend werden beide Hälften des Pfs-

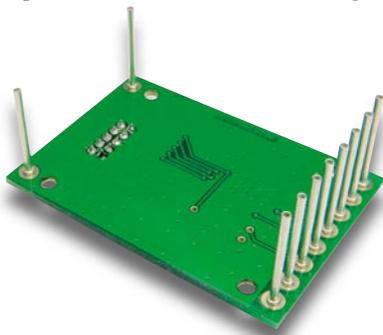


Bild 6: Die Montage der Lötstifte in der Basisplatine – Einsetzen bis zum Stopp-Kragen und auf der Bestückungsseite verlöten

Frontplatte (Panel) nicht gewährleistet und die Funktion des Sensors zumindest eingeschränkt.

Nun erfolgt das Aufkleben der Frontplatte auf die Leiterseite der Sensorplatine mittels doppelseitigem Klebeband. Bevor man daran geht, sollte man sich die Abbildungen 8 und 9 ansehen. Hier erkennt man, dass die Sensorplatine genau innerhalb der gekennzeichneten Markierungen der Frontplatte zu platzieren ist und dass die Bedienflächen-Bedruckung der Frontplatte (heller Kreis) auf der Seite zu positionieren ist, auf der auch die Sensorfläche liegt. Dies kann man auch gut daran erkennen, dass auf dieser Seite der Wannenstecker auf der Basisplatine sitzt. Damit ist die Montage des TW 128 abgeschlossen.

Zum Schluss noch einige Hinweise zur Montage des Flachbandkabels auf den in den Wannenstecker zu steckenden Pfostenverbinder. Eine Seite des Flachbandkabels

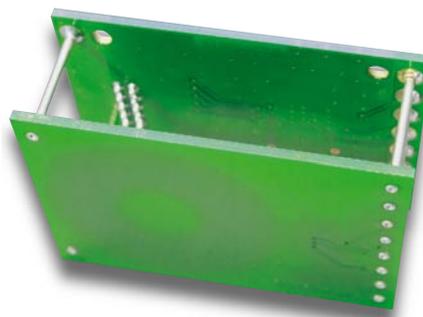


Bild 7: Die Lötstifte dürfen nicht durch die Sensorplatine ragen.

tenverbinders langsam und vorsichtig zusammengequetscht. Das überstehende Kabelende schneidet man mit einem scharfen Messer direkt am Stecker ab. Zur Identifizierung von Pin 1 ist am Pfostenverbinder eine kleine Markierung angebracht.



Bild 8: Montage der Sensorplatine auf der Frontplatte – sie muss genau in den Markierungen der Frontplatte sitzen



Bild 9: Frontplatte und Platine müssen wie gezeigt so montiert werden, dass sich Bedienfeld und Wannenstecker auf der rechten Seite befinden.

Stückliste: TouchWheel TW 128

Widerstände:

330 Ω/SMD/0805	R23–R27
1 kΩ/SMD/0805	R28
4,7 kΩ/SMD/0805	R19–R21
6,8 kΩ/SMD/0805	R29, R30
10 kΩ/SMD/0805	R22
15 kΩ/SMD/0805	R1–R18
22 kΩ/SMD/0805	R31–R33

Kondensatoren:

1 nF/SMD/0805	C10
10 nF/5 %/SMD/0805.....	C13, C19
100 nF/SMD/0805	C1–C9, C12, C14, C16, C18, C21
10 µF/16 V/SMD	C11, C15, C17, C20

Halbleiter:

ELV05531/SMD	IC1
LP3985IM5-3.0/SMD	IC2, IC4
QT510-ISG/SMD	IC3
BC848C	T1, T2

Sonstiges:

Wannenstecker, 10-polig, winkelprint.....	ST1
10 Lötstifte, ø 1,5 x 20 mm	
1 Pfostenverbinder, 10-polig	
1 Frontplatte mit Klebeband, bearbeitet und bedruckt	
20 cm Flachbandkabel, AWG28, 10-polig	

Inbetriebnahme

Bei der Inbetriebnahme des TW 128 ist zu beachten, dass das Gerät sich dabei in der späteren Gebrauchslage und, wenn möglich, der endgültigen Umgebung befinden muss und einige Sekunden nicht berührt werden sollte, um ein ordnungsgemäßes Kalibrieren zu ermöglichen. Das erfolgt nach jedem Zuschalten der Betriebsspannung automatisch. 

