

Würfeln statt touchen



Ein neuartiger Ansatz zur Mensch-Maschine-Interaktion arbeitet mit einer würfelförmigen Benutzeroberfläche. Alle Seiten des Würfels bilden Displays, auf denen unterschiedliche Informationen dargestellt sind. Eingaben erfolgen nicht über die Touchtechnik, sondern Tippen auf eine Würfelseite. Lage beziehungsweise Drehung des Würfels detektieren MEMS-Beschleunigungssensoren. Das eröffnet ganz neue Möglichkeiten der Bedienung.

THIERRY FRISING, PROF. FRANCESCO P. VOLPE

Wie ein Smartphone oder Tablet besitzt das hier vorgestellte Handheld-Gerät einen Internetzugang, kann lokal Daten speichern und sich kabellos mit externen Geräten verbinden und diese steuern. Was dieses Gerät jedoch grundlegend von anderen unterscheidet, ist seine Form und die ganz neue Herangehensweise an die Mensch-Computer-Interaktion. Hier dient die geometrische Form des Würfels sowohl für Benutzereingaben als auch für grafische Ausgaben. Jede Seite des Würfels ist mit einem Display ausgestattet, sodass sich die gesamte Oberfläche des Würfels als GUI (Graphical User Interface, grafische Benutzeroberfläche) nutzen lässt.

Für die Benutzereingaben setzt das System nicht auf die verbreitete Touchtechnik, – das hätte auch wenig Sinn, da der Würfel auf jeder Seite ein Display besitzt. Stattdessen dient ein MEMS-Beschleunigungssensor zur Benutzereingabe, der sowohl Drehung im Raum als auch Erschütterungen auf der Oberfläche

erkennen kann. Das Antippen des Würfels bewirkt eine Erschütterung, die sich dann einer der Seiten zuordnen lässt. In Kombination mit der würfelförmigen GUI ermöglichen die genannten Eingabemöglichkeiten eine komplett neue Form der Interaktion mit dem Benutzer.

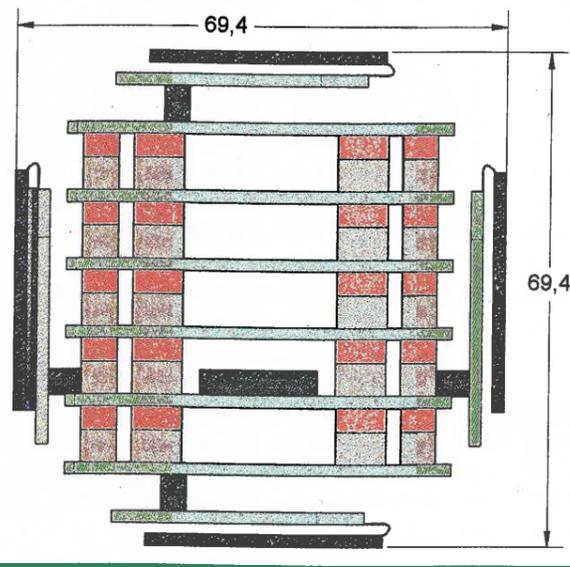


Bild 1 Prinzipieller mechanischer Aufbau des Würfels (Abmessungen in Millimeter)

Andererseits verhindert die vollflächige Benutzeroberfläche das kabelgebundene Laden des internen Akkus, weswegen sich der Würfel über ein induktives System laden lässt. Konzeption des Systems sowie das Umsetzen eines Prototyps erfolgten im Rahmen einer Masterarbeit im Labor für Mikrocomputertechnik an der Hochschule Aschaffenburg. Das große Bild zeigt den fertigen Prototyp.

Bei der Entwicklung der GUI und des Benutzerkonzepts stand schon sehr früh fest, dass eine würfelförmige Konstruktion entstehen sollte. Um jedoch zunächst nicht auf ein Gehäuse angewiesen zu sein, wurde die Schaltung auf sechs Platinen aufgeteilt, welche mittels eines Steckverbindersystems so aufeinander aufsteckbar sind, dass sie bereits die Form eines Würfels ergeben. In Bild 1 ist ein Schnittbild der Konstruktion zu sehen.

Auf den resultierenden Platinenstapel werden die Displays mittels Adapterplatinen aufgesteckt. Vier der Displaystecker befinden sich auf der zweiten Platine

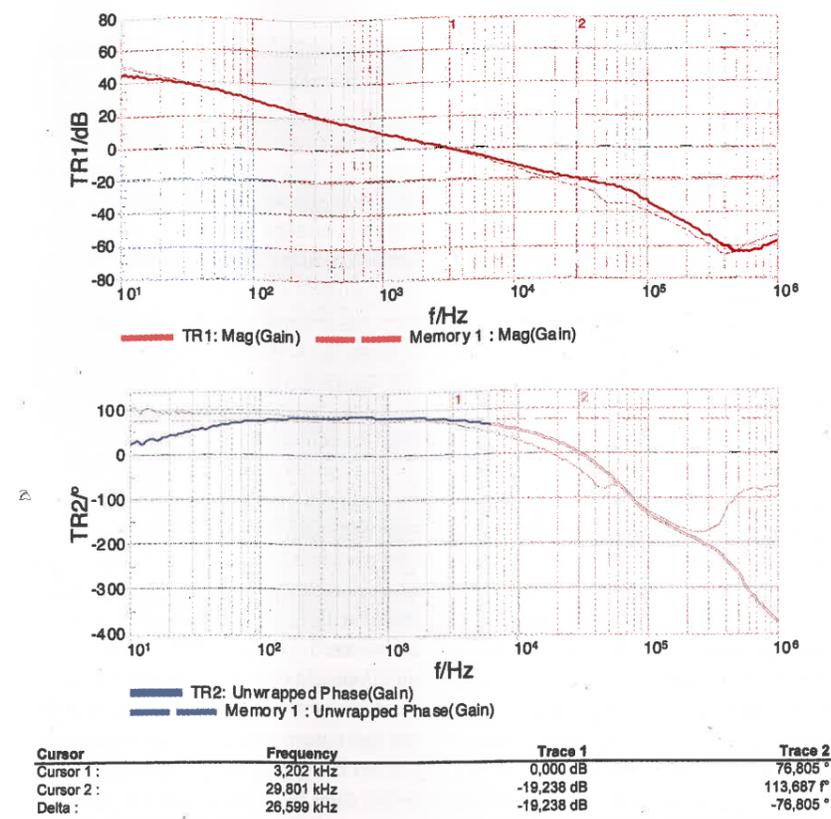


Bild 2: Bode-Plot des +16,5-V-Schaltreglers, der die Panelspannung der Displays bereitstellt

von unten, die verbleibenden beiden sind auf der oberen und unteren Platine angebracht. Damit die Displays auf jeder Seite zentriert sind, entspricht der Abstand des oberen und unteren Displaysteckers zur vertikalen Symmetrieachse dem Abstand der seitlichen Displaystecker zur horizontalen Symmetrieachse. Und um auf jeder Raumachse die gleiche Dicke des Würfels zu erreichen, wurde die Distanz zwischen den horizontalen Steckern gleich der Distanz zwischen oberem und unterem Stecker gewählt. Mit diesem Konzept ließ sich eine handliche Konstruktion mit einer Kantenlänge von 69,4 mm erreichen.

Als Herzstück des Würfels berechnet der Mikrocontroller unter anderem die Grafik, wertet die Beschleunigungsdaten des Sensors aus und verwaltet das Dateisystem. Eine leistungsstarke Mikrocontrollerplattform war also gefragt, daher kam hier der Chip »XS1-L8A« von XMOS zum Einsatz, der auf seinen acht Kernen insgesamt 500 MIPS verarbeiten kann. Über eine proprietäre Schnittstelle lassen sich mehrere dieser Chips miteinander verbinden, um größere Systeme zu formen. Dieses Projekt verwendet zwei Controller des genannten Typs, woraus sich insgesamt eine Anzahl von 16 logischen Kernen ergibt.

Weil die gesamte Oberfläche des Würfels aus der GUI besteht, ist die Auswahl des richtigen Displays entscheidend. Das

Bedienkonzept basiert unter anderem auf der Neigung des Würfels, der Benutzer blickt also aus sehr unterschiedlichen Winkeln auf das Display. Lesbarkeit selbst bei sehr großen Betrachtungswinkeln ist also ein wichtiges Kriterium. Weil es sich hier um ein akkubetriebenes Gerät handelt, spielt auch die Effizienz der Displays eine Rolle. Um beide Kriterien zu erfüllen, wurden Displays mit OLED-Technologie gewählt. Weil die Displays einen Würfel formen sollen, ist weiterhin wichtig, dass diese ein Seitenverhältnis von 1:1 besitzen. Leider ist dies ein eher ungewöhnliches Kriterium,

und die Auswahl auf dem Markt ist äußerst begrenzt.

Displays als Würfeloberfläche

Das gewählte Farbdisplay erfüllt zwar alle oben genannten Kriterien, ist jedoch kleiner als ursprünglich geplant. Mit einer Bild diagonalen von 1,46 Zoll und einer Auflösung von 128x128 Pixel ist es für den Prototyp dennoch ausreichend. Die Displays verfügen über einen internen Controller und RAM, wodurch sie nicht zyklisch wiederbeschrieben werden müssen und auch partielle Aktualisierungen des Inhaltes möglich sind. Für die Datenübertragung kommt eine parallele 18-Bit-Schnittstelle zum Einsatz, die das 8080-Protokoll implementiert. Diese Schnittstelle nutzen die Displays gemeinsam und lassen sich vom Controller über einzelne Chip-Select-Leitungen anwählen.

Als Spannungsquelle dient ein Lithium-Polymer-Akku mit einer Kapazität von 560 mAh. Aus der Nennspannung des Akkus von +3,7 V erzeugen DC/DC-Wandler die Kernspannung der Mikrocontroller (+1 V), die

display

...since 1984

LCD
LED
TOUCH
OLED
TFT
KEYPADS

WIR GEBEN
IHRER TECHNIK
EIN GESICHT

www.display-elektronik.de

Display Elektronik GmbH · Am Rauner Graben 15 · D-63667 Nidda
Tel. 06043 - 98888-0 · Fax 06043 - 98888-11

NEWSLETTER: www.display-elektronik.de/newsletter.html

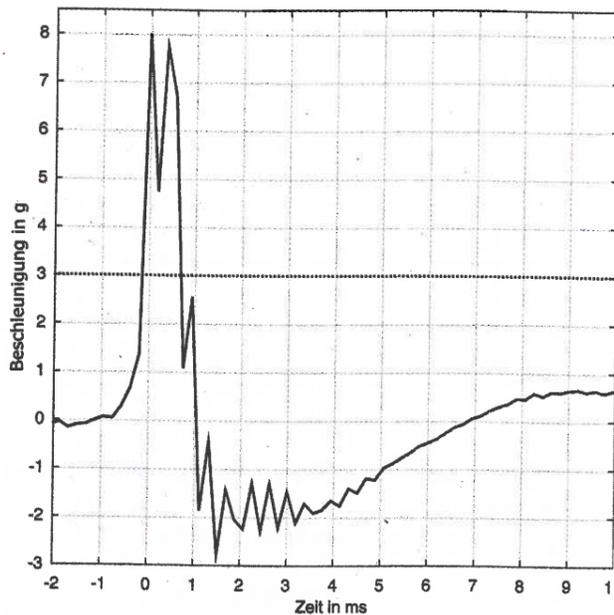


Bild 3: Typischer Verlauf der Beschleunigung auf einer Achse während eines Taps – die gestrichelte Linie markiert den definierten oberen Schwellwert von +3 g

allgemeine Versorgungs- und Logikspannung (+3,3 V) sowie die Panelspannung der OLED-Displays (+16,5 V). Bei der Panelspannung kommt ein Step-up-Schaltregler zum Einsatz. Die Stabilität der Panelspannung beeinflusst indirekt die Bildqualität der Displays; bei einer instabilen Spannung würden die Displays flackern. Um die Stabilität des Schaltreglers zu verifizieren, wurde mithilfe des »Bode 100« von Omicron Lab ein Bode-Plot aufgenommen. Hierfür wurde der Rückkoppelzweig des Reglers aufgetrennt und ein Signal eingespeist. Bild 2 zeigt die Verstärkung sowie die Phase der resultierenden Änderung am Ausgang des Reglers im Bode-Plot. Es ist zu sehen, dass bei einer Verstärkung von 0 dB die Phasenreserve 76° beträgt und die Amplitudenreserve bei 19,2 dB liegt – der Regler ist also stabil.

Für das induktive Laden des Würfels implementiert ein Ladechip nach dem »Qi«-Standard sowohl die Kommunikation mit der Basisstation als auch den korrekten Ladevorgang des Akkus. Üblicherweise wird die Ladespule in der Geräterückseite verbaut, wo während des Aufladevorgangs möglichst wenig Elektronik dem elektromagnetischen Feld ausgesetzt ist. Beim Würfel sind jedoch alle Seiten gleich, und jede verfügt über ein eigenes Display. Also musste die Spule zwischen eines

der Displays und seine Adapterplatine platziert werden. Eine Ferritfolie hinter der Spule schützt die Elektronik im Würfelinneren, aber das Display an sich befindet sich während des Ladevorgangs innerhalb des elektromagnetischen Feldes. Im Laufe der Ladevorgangstests über mehrere Zyklen hinweg ergaben sich keine Veränderungen am Verhalten des Displays, dennoch lassen sich über eventuelle Langzeitschäden am Display noch keine Aussage machen.

Drehen und Antippen

Der Benutzer steuert den Würfel durch Drehen und Antippen (im Folgenden »Taps«

genannt). Beide Gesten erkennt ein Dreiachsen-Beschleunigungssensor mit einem Messbereich von ±8 g. Da sich ein Tap innerhalb von ein bis zwei Millisekunden abspielt, ist eine hohe Abtastrate äußerst wichtig. Der verwendete Sensor tastet die Beschleunigung mit einer Rate von 3200 Hz ab, wodurch sich Taps zuverlässig erkennen und einer Richtung zuordnen lassen. Angesteuert wird der Sensor über ein SPI, ergänzt durch eine Interrupt-Leitung. Um Latenzen zu vermeiden, laufen die Tap-Erkennung sowie die Berechnung der Drehung jeweils auf einem separaten Kern des Slave-Chips.

Die Tap-Erkennung basiert auf der Zeitmessung des Beschleunigungsspeaks. Bild 3 zeigt den typischen Beschleunigungsverlauf während eines Taps. Als Schwellwert ist eine Beschleunigung von ±3 g definiert (die gestrichelte Linie im Bild markiert den oberen Schwellwert). Liegt die Zeit zwischen Über- und Unterschreiten des Schwellwertes unter 5 ms, ist der Tap gültig. Die Achsen und deren Richtungen sind hierbei den Seiten des Würfels fest zugeordnet. Sie sind gleich den Seiten eines Spielwürfels von eins bis sechs nummeriert. Ein Ausschlag in positiver Richtung auf der y-Achse wie in Bild 4 entspricht zum Beispiel einem Tap auf Seite 3. Geschieht innerhalb von 250 ms nach dem ersten Tap ein zweiter Tap in gleicher Richtung, so werden beide als Doppel-Tap registriert.

Auch die Drehung des Würfels erfasst der Beschleunigungssensor. Anhand trigonometrischer Funktionen lassen sich aus den Beschleunigungsdaten drei Winkel errechnen, welche die Richtung des Vektors vollständig beschreiben. Die Berechnung erfolgt auch hier auf einem separaten Kern, um Latenzen zu vermeiden. Da die vom Sensor gemessenen Beschleunigungswerte sehr unruhig sind, wird ein gewichteter Filter auf die Winkelwerte angewendet. So ist eine ru-



Bild 4: Einstellung der Jahreszahl – ein Tap rechts oder links wählt die Stelle aus, Neigen des Würfels verändert den Wert



Bild 5: Monateinstellung mittels Analoguhrdarstellung – auf den Winkel des Cursors zum Mittelpunkt kommt's an

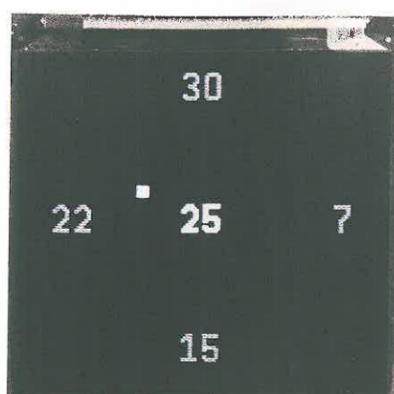


Bild 6: Wie der Monat lässt sich auch der Tag durch den Winkel des Cursors zum Mittelpunkt einstellen

Student Paper Award 2015



Mit einem Paper zu dem hier beschriebenen Projekt hat sich Thierry Frising beim diesjährigen »Student Paper Award« der electronic displays Conference beworben und wurde von einer Jury aus Professoren und Industrievertretern mit dem ersten Preis ausgezeichnet. Zur electronic displays Conference trifft sich jährlich die professionelle Display-Community in Nürnberg. Die renommierte Konferenz fand heuer bereits zum 29. Mal statt und hat sich längst als die Plattform für alle relevanten Informationen rund um Displays für Entwickler, Anwender und Entscheider etabliert. Mit dem »Student Paper Award« vergibt die Konferenz einen Preis für die beste Bachelor- beziehungsweise Masterarbeit, die das Thema elektronische Displays aufgreift.

higere Bedienung möglich, ohne dabei die Reaktionszeit merklich zu erhöhen. Zudem vermeidet der Filter, dass eventuelle Taps die Winkelerkennung beeinflussen.

Grafische Benutzeroberfläche

Ein wesentliches Element des Würfels ist die sich auf drei Dimensionen ausbreitende grafische Benutzeroberfläche. Für den Prototyp entstand zunächst eine eigene Grafikkbibliothek, welche die Darstellung und Ausrichtung von Text, Positionierung von Rechtecken sowie das Farbmanagement umfasst. Da sich der Würfel in alle möglichen Richtungen drehen lässt, müssen die

Grafikfunktionen eine um 0°, 90°, 180° oder 270° gedrehte Darstellung auf dem Display ermöglichen. Das Hauptmenü des Würfels ist – entsprechend seiner sechs Seiten – in die sechs Themenbereiche »Home«, »Einstellungen«, »Dateisystem«, »Batterie«, »Apps« und »Hilfe« unterteilt.

Im geschlossenen Zustand zeigt ein Bereich lediglich grundlegende Informationen zum entsprechenden Thema an. Ein Einzeltap darauf zeigt spezifischere Informationen beziehungsweise öffnet eine neue Ansicht, ein Doppel-Tap schließt eine Ansicht wieder. Für haptisches und akustisches Feedback kommen intern ein Vibrationsmotor sowie ein Piepser zum Einsatz. Ein Cursor, der immer nach oben zeigt, hilft bei der Navigation in dem GUI. Dieser wird als kleines, halbdurchsichtiges Quadrat dargestellt und lässt sich in den Einstellungen auch deaktivieren.

Am Beispiel der Datumeinstellung lassen sich die Vorzüge der neuartigen Benutzerschnittstelle gut zeigen. Bewegt der Benutzer den Cursor im Einstellungsbereich auf die Schaltfläche »Set Date« und tippt den Würfel von oben an, aktiviert dies die Datumeinstellung. Zunächst wird die Jahreszahl eingestellt (Bild 4). Über die Neigung des Würfels lässt sich eine Ziffer des Wertes ändern, Taps auf der rechten und linken Seite wechseln die ausgewählte Ziffer. Zum Bestätigen genügt ein Tap auf der Oberseite, was zur Auswahl des Monats führt. Wegen des begrenzten Wertebereichs bei der Monatsauswahl kommt hier das Prinzip einer analogen Uhr zur Anwendung, der Monat wird also über den Winkel des Cursors zum Mittelpunkt des Displays bestimmt (Bild 5). Zur Orientierung werden der ausgewählte

Wert in der Mitte sowie Referenzwerte in den Ecken dargestellt. Ein Tap auf der Oberseite bestätigt die Auswahl und führt zur Auswahl des Tages, die nach demselben Prinzip funktioniert (Bild 6). Durch einen Doppel-Tap auf der Oberseite kann der Anwender auch zur vorherigen Auswahl zurückkehren oder die Datumeinstellung abbrechen.

Befindet sich der Würfel im Hauptmenü, kann der Anwender ihn mit einem Doppel-Tap auf der Unterseite in den Standby-Modus versetzen. Im Standby bleibt die Tap-Erkennung weiterhin aktiv, der Würfel lässt sich also mit einem Doppel-Tap auf der Unterseite, gefolgt von einem Einzel-Tap auf der Oberseite, wieder wecken. (cg)

Hochschule Aschaffenburg
Labor für Mikrocomputertechnik
Telefon: 0 60 21/42 06 81 4
www.h-ab.de

THIERRY FRISING



realisierte das vortiegende Projekt im Rahmen seiner Masterarbeit an der Hochschule Aschaffenburg

PROF. DR. FRANCESCO P. VOLPE



leitet die Labore für Digitaltechnik, Mikrocomputertechnik und Smart Cards an der Hochschule Aschaffenburg



SCHNELL · ZUVERLÄSSIG · PROFESSIONELL

Bürklin Elektronik versorgt Sie mit allem, was Sie für die Entwicklung von innovativen Anwendungen der M2M-Kommunikation brauchen. Entdecken Sie bei uns die neuesten Produktlinien von führenden Herstellern wie Gemalto (M2M) oder Furuno (GNSS) und lassen Sie sich inspirieren.



Centerion Products
Approved Distributor

