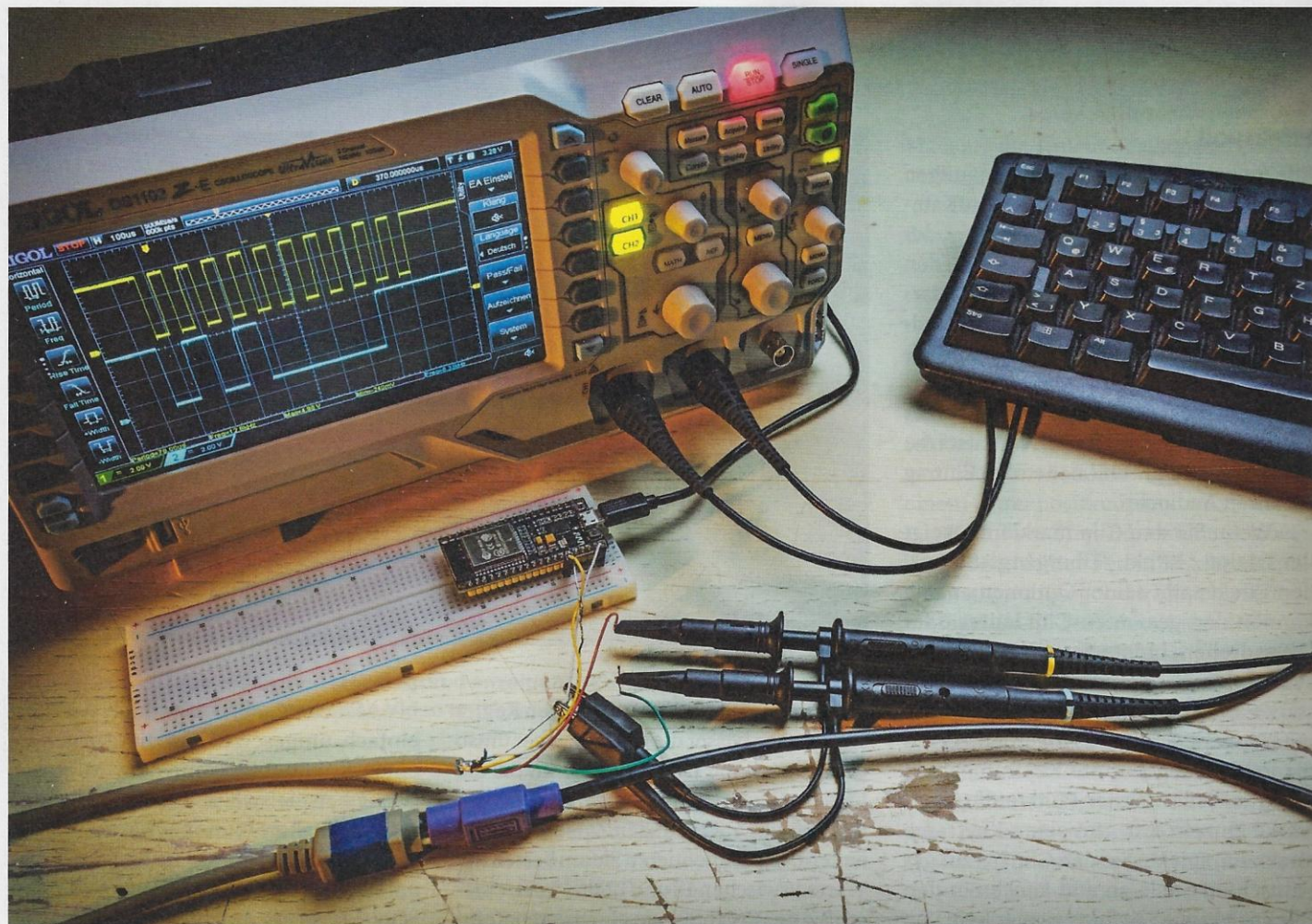




Wellengucker

Einstieg in die Arbeit mit dem Oszilloskop

Mit einem Oszilloskop suchen Sie gezielt nach Fehlern in Schaltungen oder analysieren ihre Funktionsweise. Wie das in der Praxis funktioniert, können Sie mit einer alten PS/2-Tastatur einfach ausprobieren, indem Sie versuchen, das Protokoll zu dekodieren.

Von Jan Mahn

Zu den nützlichsten Helfern in der Elektronikwerkstatt, beim Reparieren historischer Computer oder beim Reverse Engineering von Schaltungen (also dem Analysieren von unbekannten Systemen)

gehört das Oszilloskop. Früher war das eine Anschaffung, auf die man als Hobbybastler lange sparen musste. Heute gibt es gute digitale Oszilloskope schon für kleines Geld von namhaften Herstellern. Für den Einstieg reicht es aber leider nicht, das beigelegte Handbuch zu lesen – das erklärt vor allem die Anordnung der Knöpfe, setzt aber viel Wissen über den Umgang voraus. Warum ein Oszilloskop in der Praxis nützlich ist und wie man zu sinnvollen Ergebnissen kommt, verrät das Handbuch oft nicht. Hilfreich ist schon mal, das grundsätzliche Funktionsprinzip zu kennen: Das Oszilloskop stellt gemessene Spannungen im zeitlichen Verlauf dar. So weit, so unspektakulär.

Dieser Artikel zeigt anhand eines anschaulichen Beispiels, wann diese Spannungen viel über die Schaltung verraten:

Untersucht werden soll das Signal einer alten PS/2-Tastatur. Eine solche haben viele sicherlich noch in der Altgerätekiste. Die Komplexität von PS/2 ist überschaubar und damit ist es ideal für erste Erfolgserlebnisse bei der Analyse. Für Einsteiger erläutern wir zunächst, wie man ein Oszilloskop in Betrieb nimmt und einstellt – wenn Sie sich als erfahrener Nutzer direkt ans Reverse Engineering von PS/2 machen wollen, lesen Sie im Abschnitt „Tastaturanalyse“ weiter.

Für diesen Artikel kommt ein Rigol DS1102Z-E zum Einsatz, ein mit rund 270 Euro vergleichsweise günstiges Zwei-Kanal-Digitaloszilloskop mit guter Ausstattung. Auch die Screenshots und Fotos sind mit diesem Gerät entstanden. Sie können das Beschriebene aber mit jedem anderen digitalen Oszilloskop nachvollziehen, manche Knöpfe sind dort

nur etwas anders angeordnet und beschriftet. Genutzt werden zwei passive Tastköpfe (so heißen die Werkzeuge, die Sie mit der Schaltung verbinden).

Feineinstellung

Die erste Pflichtübung nach dem Auspacken eines Oszilloskops ist immer das Einstellen der sogenannten Kompensation der Tastköpfe. Dabei verändert man mit einem kleinen Schraubendreher die Kapazität eines eingebauten Trimmkondensators und passt den Tastkopf so perfekt an das Oszilloskop an. Bei der Gelegenheit lernt man direkt die wichtigsten Knöpfe und Drehregler des Messgeräts und die grundlegende Funktionsweise kennen.

Ein Tastkopf besteht aus einem stiftähnlichen Griffstück mit einer dünnen Prüfspitze. Diese kann man zum Beispiel an einem Punkt in der Schaltung aufsetzen, um dort zu messen. Zu den meisten Tastköpfen gehört eine aufsteckbare Federklemme. Zieht man das vordere Teil zurück, kann man diese Klemme an einen Leiter hängen und hat die Hände frei. Seitlich aus dem Tastkopf heraus kommt ein Stück Kabel mit einer Krokodilklemme. Das ist die Masseklemme, die mit Masse auf der Schaltung verbunden werden muss. Das Oszilloskop misst per Span-

nungsteiler die Spannung zwischen Masse und der Prüfspitze.

Zu Beginn brauchen Sie nur einen der beiliegenden Tastköpfe, den Sie am BNC-Anschluss des ersten Kanals anschließen. Passive Tastköpfe haben am Griff meist einen kleinen Umschalter, beschriftet mit X1 und X10. Damit legt man fest, in welchem Verhältnis die zu messende Spannung am Oszilloskop ankommen soll. Stellen Sie diesen Schalter für den Einstieg auf X10 (1:10) – 10 Volt kommen jetzt als 1 Volt im Gerät an. In dieser Einstellung können Sie höhere Frequenzen darstellen, daher ist das immer der bevorzugte Modus. Den Modus X1 brauchen Sie nur für sehr kleine Spannungen. Damit die Darstellung der Spannungen auf dem Display später passt, müssen Sie dem Gerät noch erklären, dass Sie den Tastkopf im Modus 1:10 betreiben. Wo genau diese Einstellung auf Ihrem Gerät zu finden ist, verrät das Handbuch.

Irgendwo an der Vorderseite des Oszilloskops finden Sie zwei Kontakte nebeneinander, einer ist mit dem Masse-Symbol beschriftet. Am anderen steht manchmal etwas wie „Probe Comp“. An den Massekontakt hängen Sie die Krokodilklemme, an den anderen die Federklemme des Tastkopfs. Das Oszilloskop gibt über diesen Kontakt zum Abgleichen

der Tastköpfe ein Rechteckwellensignal mit fester Frequenz aus, meist 1 kHz. Bevor Sie sich ans Einstellen der Kompensation machen können, müssen Sie das Signal erst einmal ruhig und mittig auf dem Bildschirm einfangen. Jedes moderne Digitaloszilloskop hat eine Taste mit der Aufschrift „Auto“, das alle Parameter automatisch anpasst. Das klappt oft auf Anhieb, ist aber didaktisch der falsche Weg. So erfahren Sie nämlich nicht, wie das Oszilloskop arbeitet und bedient wird.

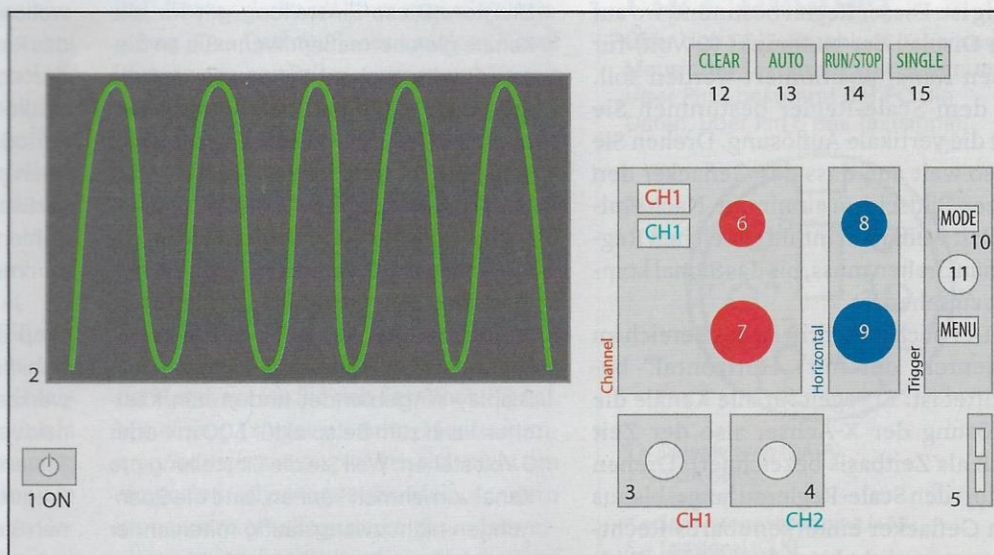
Wenn Sie den Tastkopf an die Kontakte gehängt haben, sehen Sie zunächst vermutlich nur Geflacker irgendwo auf dem Schirm. Vor dem Einstellen müssen Sie sich noch einmal klarmachen, was ein Oszilloskop überhaupt tut: Es zeigt Spannungen im zeitlichen Verlauf an. Auf der X-Achse wird die Zeit abgetragen, auf der Y-Achse die Spannung. Ein Oszilloskop mit mehreren Kanälen (meist 2 oder 4) zeichnet mehrere Graphen für mehrere gleichzeitige Spannungsmessungen.

Das Oszilloskop beschreibt den Bildschirm immer von links nach rechts mit dem Graphen und fängt dann wieder links an, das letzte Bild zu überschreiben. Dieses Vorgehen stammt noch aus der Zeit analoger Oszilloskope, in denen das Bild

Bedienelemente eines Zweikanal-Oszilloskops

Die Drehregler und Knöpfe des Digitaloszilloskops sehen erstmal unübersichtlich aus. Für den Einstieg muss man den Umgang mit den Reglern für horizontale und vertikale Anordnung des Signals verstehen und sich mit dem Trigger anfreunden.

- 1 Ein/Aus
- 2 Display
- 3 BNC-Eingang Kanal 1
- 4 BNC-Eingang Kanal 2
- 5 Signalausgang für die Kompensationseinstellung
- 6 Drehregler für vertikale Position des Nullpunkts (0 Volt)
- 7 vertikale Auflösung (pro Kanal)
- 8 horizontale Position (Verschiebung nach links und rechts)
- 9 horizontale Auflösung (Zeitbasis, für alle Kanäle)
- 10 Trigger-Modus (Auto, Normal, Single)
- 11 Trigger-Schwellwert
- 12 Einstellungen zurücksetzen
- 13 Automatische Positionierung des Signals
- 14 Bild anhalten / fortsetzen
- 15 Trigger im Single-Modus scharf schalten





Bevor es ans Analysieren geht, muss man die Kompensation der Tastköpfe über eine kleine Schraube einstellen. Das Prüfsignal, das das Oszilloskop dafür ausgibt, soll scharf rechteckig aussehen.

von einer Kathodenstrahlröhre dargestellt wurde.

Verschieben und skalieren

Der nächste Schritt besteht darin, das anliegende Prüfsignal in der Mitte zu positionieren. Suchen Sie dazu auf Ihrem Oszilloskop den Bereich, der mit CH 1 beschriftet ist. Bei einigen Geräten gibt es für jeden Kanal einen eigenen Bereich, bei unserem Rigol DS1102Z-E und vielen anderen Geräten ist das kompakter konstruiert: Die Sektion mit den Reglern für den Kanal gibt es nur einmal, daneben Umschalter, mit denen man bestimmt, welchen Kanal man regeln will. Das spart Knöpfe und damit Platz auf der Vorderseite.

Einer der Knöpfe für den Kanal ist mit „Position“ beschriftet, der andere mit „Scale“. Suchen Sie zunächst ersteren und drehen Sie, bis das Geflacker etwa mittig ist. Dieser Regler bestimmt, wo auf dem Display der Nullpunkt (0 Volt) für diesen Kanal positioniert werden soll. Mit dem Scale-Regler bestimmen Sie jetzt die vertikale Auflösung. Drehen Sie ihn so weit auf, dass das Geflacker den ganzen Bildschirm einnimmt. Nach einiger Zeit weiß man intuitiv, welchen Regler man drehen muss, bis das Signal komplett zu sehen ist.

Der nächste Schritt ist der Bereich im Bedienteil, der mit „Horizontal“ beschriftet ist. Er regelt für alle Kanäle die Auflösung der X-Achse, also der Zeit (auch als Zeitbasis bezeichnet). Drehen Sie dort den Scale-Regler so lange, bis aus dem Geflacker ein erkennbares Rechteckmuster wird, das sich über den Bildschirm bewegt.

Jetzt können Sie das flackernde Bild endlich beruhigen. Dafür nutzen Sie den Trigger – ein eingebautes Werkzeug, das das Bild einfrieren kann. Der Trigger erkennt sogenannte Flanken, also das Über- oder Unterschreiten eines Schwellwerts. Über das Trigger-Menü (meist ein Knopf in der Nähe des Trigger-Reglers) können Sie einstellen, ob er bei steigender Flanke (Überschreiten) oder fallender Flanke (Unterschreiten) auslösen soll.

Der Trigger hat drei Modi, die in diesem Artikel alle der Reihe nach zum Einsatz kommen werden. Für periodische Signale, also zum Beispiel dem Rechteckwellensignal, das aktuell anliegt, verwendet man den Auto-Modus. Er zeigt das periodische Signal als Standbild an und ist gut geeignet, um zum Beispiel die Frequenz einer Wechselspannung zu ermitteln oder – wie hier – den Tastkopf einzustellen.

Messen und abzählen

Auf dem Display stellt das Oszilloskop ein Raster aus quadratischen Kästchen, Divisions genannt, dar. Diese können Sie in X- und Y-Richtung anpassen. Mit dem Scale-Drehregler für die horizontale Achse bestimmen Sie die Zeitspanne pro Division. Diese Einstellung gilt für alle Kanäle gleichermaßen. Wenn Sie an diesem Regler drehen, achten Sie auf die Zahlen am Rand des Displays. Irgendwo zeigt das Gerät an, für welche Zeiteinheit eine Division steht (etwa 1 Sekunde oder 100 Millisekunden).

In vertikaler Richtung stellen Sie die Spannung pro Division ein. Diese Einstellung geschieht pro Kanal mit dem jeweiligen Scale-Regler. Auch diese Werte sollten Sie (pro Kanal) irgendwo auf dem Display eingeblendet finden. Ein Kästchen kann zum Beispiel für 500 mV oder 5 Volt stehen. Weil Sie die Einstellung pro Kanal vornehmen können, sind die Spannungen nicht zwangsläufig miteinander vergleichbar – immer wenn Sie Spannungen

vergleichen wollen, müssen alle Kanäle auf demselben Wert für Spannung pro Division stehen.

Anhand der Divisions können Sie einige Messungen schon durch einfaches Abzählen vornehmen. Wenn Sie wissen wollen, welche Frequenz beispielsweise das Rechteckwellensignal zum Einstellen der Kompensation hat, stellen Sie die zeitliche Auflösung so ein, dass eine Periode genau in ein Vielfaches der Kästchen passt und zählen Sie diese ab. In vertikaler Richtung können Sie durch das Zählen von Divisions Spannungen bestimmen.

Je nach Ausstattung kann Ihr Oszilloskop bei solchen Messungen durchaus behilflich sein und verschiedene Messwerkzeuge bereitstellen. Periodische Signale vermessen viele Geräte mit nur einem Tastendruck und zeigen zum Beispiel die Frequenz direkt an. Mit dem Cursor können Sie zusätzlich zeitliche Abstände zwischen Ereignissen ausmessen.

Suchen Sie den Abschnitt „Trigger“ und schalten Sie diesen auf „Auto“. Mit dem Drehregler in diesem Bereich bestimmen Sie den Schwellwert, also die Spannung, ab der der Trigger auslösen soll. Während Sie am Trigger drehen, sollten Sie eine horizontale Linie auf dem Schirm sehen. Das ist die Linie für den Schwellwert.

Drehen Sie so lange, bis das Gemisch einfriert – Sie sollten das Rechteckmuster auf dem Schirm sehen. Jetzt geht es an die Feinabstimmung: Mit dem horizontalen Regler und den Kanalreglern positionieren Sie das Rechtecksignal mittig und schön groß auf dem Display. Sollten Sie trotz dieser Anleitung einfach nicht zum Ziel kommen und nur Geflacker sehen, können Sie den Weg ab und betätigen den großen Auto-Button (meist weiter oben am Gerät und gut zu erreichen). Versuchen Sie dann, sich Stück für Stück an die Funktion der Knöpfe zu gewöhnen. Zum Üben verstellen Sie am Ende alles und probieren Sie es von Hand, bis Sie ohne Auto-Knopf zum Ziel kommen.

Kompensation

Jetzt können Sie endlich die Kompensation einstellen. Auf Seite 164 sehen Sie zwei Screenshots nebeneinander. Links ist die Kompensation verstellt – das Rechteckwellensignal ist sichtbar unsauber (sogenannte Überkompensation). Rechts sehen Sie, wie das Bild aussehen soll. Um das zu erreichen, suchen Sie die Stellschraube und drehen Sie diese langsam mit einem isolierten Schraubendreher. Bei einigen Geräten ist die Schraube am Griff des Tastkopfs, bei anderen am Stecker. Ist das erledigt, können Sie auch die anderen beiliegenden Tastköpfe nach dem gleichen Verfahren einstellen. Haben Sie das einmal getan, müssen Sie den Schritt nur bei sehr wichtigen Messungen wiederholen, oder wenn Sie die Tastköpfe mit einem anderen Oszilloskop benutzen wollen. Mit diesem Wissen und einem eingestellten Werkzeug können Sie sich jetzt an die Analyse einer PS/2-Tastatur machen.

Tastaturanalyse

PS/2 war vor dem Siegeszug von USB der Standard für Tastaturen und Mäuse. Natürlich könnten Sie ganz einfach im Internet die Beschreibung des Standards suchen und wüssten, wie die Übertragung im Detail funktioniert. Dann würden Sie aber nicht erfahren, wie man mit dem Oszilloskop der Funktionsweise von Geräten auf die Spur kommt. Angenommen, der

Hersteller würde diese Details für ein Gerät nicht verraten, Sie wollen aber einen quelloffenen Treiber dafür entwickeln oder etwa eine PS/2-Bibliothek für den Arduino. Dann müssen Sie herausfinden, was da elektronisch genau passiert und brauchen das Oszilloskop.

Um mit dem Oszilloskop zu messen, müssen Sie an die Kontakte herankommen. Wenn Sie Ihre Tastatur opfern möchten, könnten Sie den Stecker einfach abschneiden, die Isolierung des Kabels auftrennen und die Drähte darin freilegen. Besser ist es, ein PS/2-Verlängerkabel zu suchen und dieses zu opfern. Schneiden Sie das Kabel ein Stück hinter der Buchse ab, legen Sie die Drähte im Kabel frei und isolieren diese ab. Wer es gern ordentlich mag, kann sie auch mit Dupont-Steckern versehen und auf einem Steckbrett aufreihen. Vier Drähte (bei manchen Kabeln auch sechs) und ein Drahtgeflecht sollten mindestens zum Vorschein kommen. Die Belegung der Drähte könnten Sie jetzt mühsam durch Ausprobieren und Beobachten herausfinden. Hier kürzen wir das Reverse Engineering etwas ab, weil das Oszilloskop dabei nur bedingt hilfreich wäre. Unten sehen Sie eine PS/2-Buchse (nicht etwa den Stecker) mit ihrer Belegung. Um zu ermitteln, welcher Draht in Ihrem Kabel mit welchem Pin verbunden ist, brauchen Sie ein handelsübliches Multimeter mit Durchgangsprüfer. Die Farben sind leider bei jedem Kabelhersteller anders. Haben Sie die Belegung ermittelt, können Sie Ihre Tastatur hochfahren. Dafür braucht sie eine Gleichspannungsquelle mit 5 Volt, die an +5V und GND angeschlossen ist. Als Spender für Spannung kommen ein Labor- oder ein Steckernetzteil infrage, aber auch ein Arduino und manches ESP-Entwicklerboard können gut 5 Volt abgeben. Das Drahtgeflecht aus dem Kabel können Sie verdrehen und ebenfalls mit GND (also dem Minuspol Ihrer Spannungsquelle) verbinden. Hat alles funktioniert, sollten die Capslock- und Num-LEDs der Tastatur einmal blinken.

Die zwei verbliebenen Drähte geben jeweils Signale aus, wenn Sie eine Taste drücken. Hängen Sie an die beiden Drähte für DATA und CLK je einen Tastkopf. Haben Sie nur ein Einkanal-Oszilloskop zur Hand, sparen Sie sich das Clock-Signal. Mit einem Trigger im Auto-Modus kommen Sie nicht weiter, weil es sich nicht um ein periodisches Signal handelt, sondern immer nur kurze Sequenzen gesendet werden – die meiste Zeit passiert nichts auf den beiden Leitungen.

Das richtige Verfahren für solche Aufgaben ist der sogenannte Single-Shot. Mit einem guten alten Analogoszilloskop können Sie diesen Schritt leider nicht mehr ausprobieren. Im Single-Shot-Modus setzt man ebenfalls einen Schwellwert für den Trigger und stellt diesen anschließend mit dem „Single“-Button scharf. Kommt ein Signal an, wird der Bildschirm eingefroren und man kann die empfangenden Daten in Ruhe untersuchen. Am Oszilloskop leuchtet solange die „Stop“-LED.

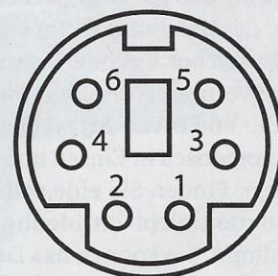
Jetzt muss der Trigger konfiguriert werden. Auch ohne in der PS/2-Spezifikation zu spicken, kann man guten Gewissens annehmen, dass Signale aller Wahrscheinlichkeit nach zwischen 0 und 5 Volt liegen werden, weil die Eingangsspannung ja 5 Volt ist. Solange keine Taste gedrückt ist, liegen 5 Volt an, das Signal wird also aller Wahrscheinlichkeit nach erzeugt, indem die Spannung unterbrochen wird.

Stellen Sie den Trigger mit dem Trigger-Drehknopf deshalb auf einen Wert um 2,5 Volt (bei einem Digitalsignal kommt es nicht auf den genauen Wert an). Weil die Spannung dauerhaft anliegt, sollte der Trigger auf fallende Flanken reagieren. Wenn Sie diese Einstellung auf Anhieb nicht finden, ist das auch nicht schlimm – direkt auf die erste fallende Flanke folgt auch wieder eine steigende, sodass in jedem Fall ausgelöst wird.

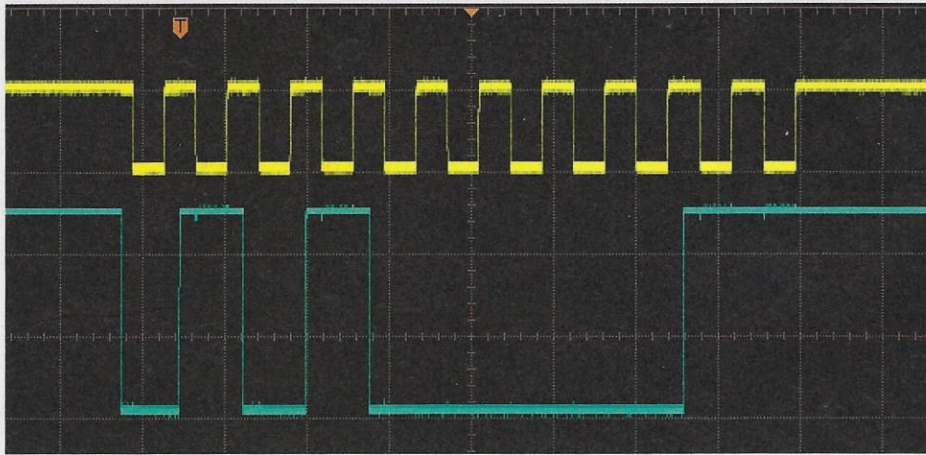
Schalten Sie den Single-Shot-Modus dann scharf und drücken Sie eine Taste auf der Tastatur. Im besten Fall haben Sie ein

Belegung einer PS/2-Buchse

Über den PS/2-Anschluss bekommen Maus oder Tastatur 5 Volt Spannung. Über Pin 1 bekommt der PC die Daten, über Pin 5 das Taktsignal.



- 1 = Datenleitung (DATA)
- 2 = nicht belegt
- 3 = Masse (GND)
- 4 = Spannungsversorgung (+5V)
- 5 = Taktsignal (CLK)
- 6 = nicht belegt



Das Signal eines Tastendrucks der Taste F1. Das gelbe Signal ist das Clock-Signal. Es verrät dem Empfänger, wie lang ein Bit ist. Um den Scancode herauszufinden, notiert man sich zunächst alle 11 Bits als Nullen und Einsen.

Nachrichtenpaket für beide Kanäle eingefangen. Mit den schon vertrauten Knöpfen platzieren Sie es mittig so auf dem Schirm, dass es etwa wie im Bild oben aussieht. Um ein weiteres Signal einzufangen, schalten Sie den Trigger wieder mit „Single“ scharf.

Falls Sie bisher nur eine Linie sehen, ein paar Tipps zum Einstellen der Auflösungen: Als Spannung pro Division bieten sich 2 Volt für beide Kanäle an (also 2,5 Kästchen für die komplette Amplitude). Bei der Wahl der zeitlichen Auflösung gilt: „When in doubt, zoom out.“ Fangen Sie mit großzügigen 2 Millisekunden pro Division an, zeichnen Sie einen Tastendruck mit dem Single-Shot-Modus auf und zoomen dann herein.

Denksport

Der letzte Schritt ist Kopfarbeit und das Oszilloskop kann dabei nur beschränkt helfen. Je nach Ausstattungspaket Ihres Oszilloskops haben Sie möglicherweise einen Decoder für Parallel-Signale an Bord. Wie Sie den genau einstellen, kann Ihnen nur das Handbuch für Ihr Gerät verraten. Ein solcher Decoder kann, wenn man ihm vermittelt hat, auf welchem Kanal CLK- und DATA-Signal liegen, das Signal automatisch in Einsen und Nullen übersetzen. Finden Sie eine solche Decode-Funktion nicht im Menü, ist das nicht schlimm. Sie können das Dekodieren auch schnell mit Zettel und Stift erledigen: Die Aneinanderreihung von Bergen und Tälern auf der DATA-Leitung übersetzen Sie zu 1 und 0. Wie breit ein Bit ist, gibt das Clock-Signal vor. 0 Volt steht für eine 0 und 5 Volt für eine 1. Das Muster,

das Sie oben sehen, wird also übersetzt zu: 0101000011.

Mit dieser Beobachtung können Sie sich an den nächsten Schritt machen und das System hinter den mysteriösen Datenfolgen ergründen. Beim Dekodieren solcher Protokolle ist es hilfreich, sich mehrere Pakete untereinander aufzuschreiben und nach Gemeinsamkeiten zu suchen. Die ersten vier F-Tasten auf der Tastatur zum Beispiel geben folgende Daten aus:

```
0101000011
0011000011
0001000001
0001100011
```

Zu erkennen sind einige Gemeinsamkeiten: Alle Pakete sind 11 Bit lang und unabhängig davon, welche Taste Sie drücken, sind zwei Bit immer gleich: Das erste Bit ist immer 0, das elfte Bit immer 1. Ein solches Muster ist durchaus üblich bei Nachrichtenübertragungen: Die Bits dienen als Marker für Beginn und Ende einer Nachricht und werden Start- und Stop-Bit genannt. Für das weitere Dekodieren können Sie sie ignorieren. Übrig bleiben 9 Bit – eine sehr ungewöhnliche Länge für ein Datenpaket. Meist wird das Vielfache von Bytes, also Pakete von 8 Bit übertragen. Die Vermutung liegt nahe, dass das zehnte Bit nicht mehr zur Nachricht gehört und ähnlich wie Start- und Stop-Bit eine Sonderrolle einnimmt.

Auf seine Funktion kommt man zugegebenermaßen nur, wenn man sich häufiger mit solchen Protokollen beschäftigt. Es handelt sich um ein sogenanntes Parity-Bit, ein sehr einfacher und gängiger

Prüfmechanismus, mit dem der Empfänger Übertragungsfehler erkennen kann. Der Controller in der Tastatur zählt für jede Nachricht die Anzahl der Bits (ohne Stop-Bit) mit dem Wert 1 und aktiviert das Parity-Bit immer dann, wenn diese Anzahl gerade ist. Das Parity-Bit macht die Gesamtanzahl der Einsen also immer ungerade. Der empfangende Computer kann ebenfalls die Einsen durchzählen. Merkt er, dass die Anzahl aller empfangenen Einsen gerade ist, kann er die Nachricht als fehlerhaft aussortieren.

Bitgeschubse

Dankenswerterweise ist PS/2 kein undokumentiertes proprietäres Protokoll und so gibt es im Internet schon reichlich Tabellen mit den Codes. Über ct.de/ybrv finden Sie ein Tastaturlayout, in das die Scan-Codes eingetragen sind. Dargestellt sind sie allerdings nicht als Aneinanderreihung von 8 Bits, sondern als zwei hexadezimale Ziffern – eine gängige Darstellung für Bytes, weil man zwei Hex-Zahlen exakt in einem Byte kodieren kann.

Gelesen wird bei der Übersetzung von rechts nach links. Zum Umrechnen teilt man das Byte in zwei sogenannte Nibbles (Halbytes) und fängt mit dem rechten an. Aus 01110100 zum Beispiel werden die Nibbles 0100 und 0111. Diese werden jetzt ebenfalls von rechts nach links gelesen (man nennt diese Darstellung „Least Significant Bit 0“, LSB 0) und dann in hexadezimale Zahlen übersetzt. Wenn Sie nicht selbst umrechnen wollen, finden Sie Übersetzungen in der Tabelle unten. 0100 von rechts gelesen ergibt 0010, also in Hex-Dar-

Umrechnung von binären in hexadezimale Zahlen

Binär	Hexadezimal
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

stellung eine 2. Aus 0111 wird 1110, also ein E. Der Code 2E gehört zur Taste 5.

Selbststudium

Den wichtigsten Geheimnissen von PS/2 sind Sie jetzt schon auf die Spur gekommen. Die eingefangenen Tastensignale können Sie noch für weitere Übungen mit dem Oszilloskop nutzen. Wenn Sie im Gerät eine Funktion zum Ausmessen der Frequenz finden, versuchen Sie doch einmal, die Taktfrequenz des Clock-Signals zu ermitteln. Es sollte zwischen 10 und 16,7 kHz liegen. Mit Digitaloszilloskopen können Sie auch zeitliche Abstände ausmessen, indem Sie einen Cursor platzieren. Vielleicht haben Sie ja schon bemerkt, dass ein Datenbit nicht genau mit dem Taktsignal anfängt. Versuchen Sie doch einmal, den Abstand mit den Mitteln Ihres Geräts auszumessen. Tipp: Schieben Sie die Signale dazu auf der vertikalen Achse übereinander.

Lohnenswert ist auch die Erforschung der Tasten Einfg, Pos1, Entf und Ende. Tipp: Sie senden mehrere Datenpakete – um die einzufangen, müssen Sie auf der

Zeitachse herauszoomen. Zu guter Letzt können Sie noch einen weiteren Modus des Triggers ausprobieren. Schalten Sie ihn von „Single“ auf „Normal“. Jetzt überschreibt er immer sofort das letzte eingefangene Signal, wenn ein neues ankommt. Drücken Sie jetzt eine Taste, halten sie diese etwas gedrückt und lassen dann los. Während Sie halten, sehen Sie ein vertrautes Datenpaket, beim Loslassen gleich zwei (dazu auf der Zeitachse wieder weit genug herauszoomen). Versuchen Sie als Übung einmal herauszufinden, was eine PS/2-Tastatur beim Loslassen verschickt – es steckt ein einfaches System dahinter.

Freund und Helfer

Dieser kleine Ausflug in die Analyse eines einfachen Protokolls hat gezeigt, dass ein Oszilloskop mehr ist als ein teurer Kasten, der Sinuswellen darstellt. Wenn Sie Gefallen an solchen Untersuchungen gefunden haben und Erfahrungen mit Arduino- oder ESP-Basteilen haben, belauschen Sie doch mal einen I2C-Bus zwischen einem Sensor und dem Mikrocontroller.

Eine interessante Übung für Fortgeschrittene ist die Analyse einer USB-Tastatur. Die gelingt aber nur im laufenden Betrieb mit einem Computer. Hier reicht es nicht, die Tastatur mit Spannung zu versorgen. Sie müssen also das USB-Kabel auftrennen, mit dem Rechner verbinden und sich mit den Tastköpfen in die Datenübertragung hängen. Auf zwei Leitern sollten Sie ein Signal finden.

Hilfreich ist ein Oszilloskop auch bei vielen anderen Aufgaben in der Elektronikwerkstatt. Wo immer Sie mit einem Voltmeter, also der reinen Spannungsmessung, nicht weiterkommen, verschafft es interessante Einblicke. Wer zum Beispiel historischen Computern wieder auf die Beine hilft und fehlerhafte Teile aufspüren will, ist ohne Oszilloskop schnell aufgeschmissen. Lassen Sie sich auf keinen Fall von den vielen Knöpfen abschrecken. Den Sinn vieler Funktionen versteht man erst, wenn man vor dem zugehörigen Problem steht.

(jam@ct.de) ct

PS/2-Scancodes: ct.de/ybrv

Homeoffice mit Apple – effizient und sicher!

167 Seiten
Mac & i-Tipps!

Sofort als
Download
verfügbar!

Mac & i kompakt – Homeoffice

Das Homeoffice ist gekommen, um zu bleiben! Darum unterstützt Sie die Mac & i-Redaktion mit über 160 Seiten voll mit Tests, Praxistipps, Empfehlungen und Hintergrundinfos zum Thema Homeoffice mit Mac, iPhone und iPad aus den Mac & i-Ausgaben der letzten drei Jahre. Dabei stehen Themen wie effizientes Arbeiten, Energie sparen, Datensicherheit und die Kauberatung für Hard- und Software im Vordergrund.

shop.heise.de/mi-homeoffice21

PDF-Dossier

9,99 € >



 **heise shop**

shop.heise.de/mi-homeoffice21 >

> Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.