

57600 scharfe Pixel

Prototypenadapter-TFT-Display PAD-TFT für das Breadboard

Ein kleines Display kann in vielen Projekten in Verbindung mit einem Mikrocontroller eingesetzt werden. Sei es bei einer Versuchsschaltung zur Anzeige von Sensordaten oder in einer dauerhaften Installation z. B. in einem Gehäuse. Der Bausatz Prototypenadapter-TFT-Display PAD-TFT hat ein 1,54"-RGB-TFT-Display mit 240 x 240 Pixeln und eignet sich sehr gut für diese Zwecke. Zudem ist ein microSD-Karten-Slot vorhanden, der als Massenspeicher für die Anzeige auf dem Display genutzt werden kann.

Mit einem Klick
direkt zum Bausatz



PAD-TFT
Artikel-Nr.
157808
Bausatz-
beschreibung
und Preis:



www.elv.com

i Infos zum Bausatz PAD-TFT



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Bau-/Inbetriebnahmezeit:
ca. 0,5 h



Besondere Werkzeuge:
LötKolben



Lötterfahrung:
ja



Programmierkenntnisse:
ja



Elektrofachkraft:
nein

Vielseitige Anzeige

Das kleine, quadratische TFT-Display (Bild 1) wurde im typischen Prototypenadapterformat entwickelt und passt somit auf Breadboards, da die Stiftleisten so gesetzt sind, dass das Display stabil auf dieses gesteckt oder auf einer Lochrasterplatine befestigt werden kann. Das TFT-Display kann aber auch stand-alone oder z. B. in der Frontplatte eines Gehäuses verwendet werden. Dazu sind Bohrlöcher in der Platine vorhanden, die eine Befestigung an verschiedenen Orten ermöglichen.

Da das Display über 4-wire SPI kommuniziert, werden nur wenige GPIOs für den Anschluss benötigt. Die Anzeige verfügt über einen eigenen pixeladressierbaren Framebuffer und kann so mit vielen Arten von Mikrocontrollern verwendet werden. So gibt es z. B. eine Arduino-Bibliothek für den TFT-Treiber (ST7789, s. Abschnitt „Betrieb mit einem Arduino“). Die Verbindung kann sowohl über 3,3 als auch 5 Volt realisiert werden, da auf dem Breakout-Board ein Level-Shifter zum Angleich der verschiedenen Spannungsebenen vorhanden ist.

Die microSD-Karte (optional) kann durch den vorhandenen microSD-Karten-Slot als Massenspeicher für z. B. Messdaten genutzt werden, für die auf Mikrocontrollern häufig nicht genug Speicherplatz vorhanden ist. Neben der Visualisierung von Messdaten lassen sich beispielsweise auch Menüs/Einstellungen oder Bilder auf dem Display anzeigen.

Schaltung

Die Schaltung des PAD-TFT ist in Bild 2 zu sehen. Das PAD-TFT lässt sich mit Spannungen zwischen 3,3 V und 5,5 V versorgen und kann daher sowohl mit Mikrocontrollern wie dem Raspberry Pi verwendet werden, die 3,3 V als Ausgangsspannung an den Pins liefern, als auch mit denen, die wie der klassische Arduino UNO mit 5 V arbeiten.

Das Display und die microSD-Karte werden mit 3,3 V angesprochen. Damit das PAD-TFT auch mit 5 V genutzt werden kann, sind auf der Platine der Pegelwandler U1 und der Spannungswandler VR1 zu finden. Um Schäden durch das Verpolen der Spannungsversorgung vorzubeugen, ist der MOSFET Q5 als Schutz eingebaut.

Bild 1: Prototypen-adapter-TFT-Display PAD-TFT

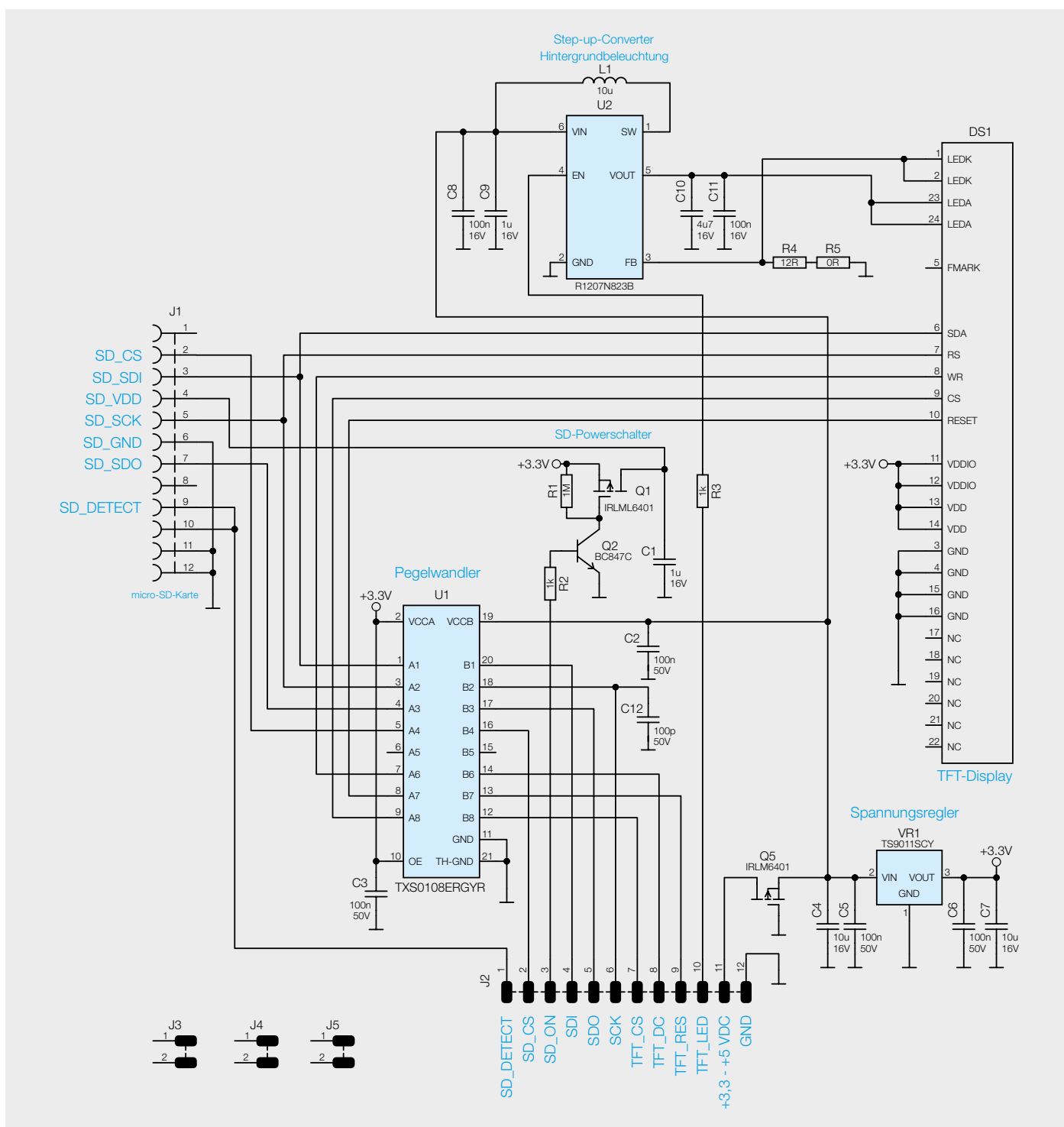
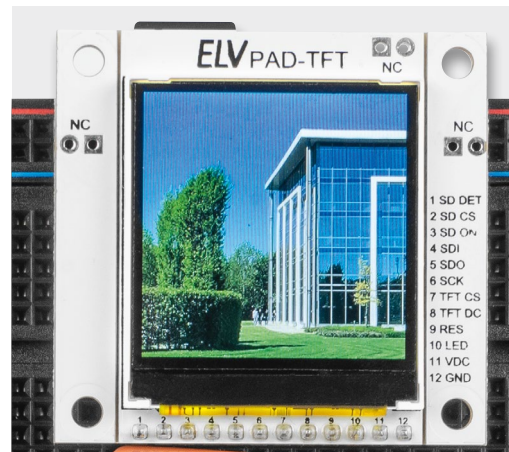


Bild 2: Schaltbild des PAD-TFT

Über Pin 11 wird die Versorgungsspannung angelegt, die zunächst durch den Spannungsregler VR1 auf 3,3 V heruntergeregelt und durch den Stützkondensator C7 bei Belastung stabilisiert wird. Der Kondensator C4 dient ebenfalls der Spannungsstabilisierung, und die Filterkondensatoren C5 und C6 unterdrücken hochfrequente Störungen, die z. B. beim schnellen Schalten auftreten können. Der Spannungsregler stellt die Referenzspannung von 3,3 V für den Pegelwandler zur Verfügung.

Die über SPI gesendeten Signale werden durch den Pegelwandler U1 auf 3,3 V konvertiert und steuern dann das Display und die microSD-Karte. Die 100-nF-Kondensatoren C2 und C3 und der 100-pF-Kondensator C12 schließen hochfrequente Störsignale kurz.

Die microSD-Karte wird über SD_ON nur dann über die MOSFET-Schaltstufe mit Spannung versorgt, wenn sie auch genutzt wird, damit nicht unnötig viel Strom verbraucht wird. Bei einem HIGH-Signal steuert der PNP-Transistor Q2 durch. Der Widerstand R2 dient als Basisvorwiderstand, um den Strom zu begrenzen. Nun fällt die meiste Spannung über den Widerstand R1 ab, wodurch die Spannung am Gate des MOSFET Q1 auf einen Wert unterhalb der Spannung an der Source liegt. Diese Potenzialdifferenz reicht aus, damit der MOSFET leitet und die microSD-Karte mit Spannung versorgt wird. Durch den 1- μ F-Kondensator wird die Spannung stabil gehalten.

Die über PWM dimmbare Hintergrundbeleuchtung des Displays wird über einen Step-up-Regler heraufgeregelt. Der Grund dafür ist, dass die drei weißen LEDs der Hintergrundbeleuchtung mit einer Durchlassspannung von etwa 3,2 V als Schutz vor vorzeitiger Alterung in Reihe geschaltet sind und daher zur Ansteuerung aller LEDs die Spannung höher als die vorhandenen 3,3 V sein muss. Durch unvermeidbare Bauteiltoleranzen würde sich der Strom bei einer Parallelschaltung nicht gleichmäßig auf die LEDs aufteilen. Fließt durch eine LED ein erhöhter Strom, altert diese LED schneller als die anderen und es kommt zu immer größeren Unterschieden

zwischen den Strömen, bis die am meisten belastete LED zerstört wird. Dies macht sich dann durch eine unregelmäßige und fleckige Hintergrundbeleuchtung bemerkbar. Sind die LEDs dagegen in Reihe geschaltet, fließt durch jede LED derselbe Strom und es kommt zu keiner unterschiedlichen Belastung.

Die Größen der Spule L1 und der Feedbackwiderstände R4 und R5 sind so gewählt, dass der Schaltregler als Konstantstromtreiber arbeitet und die Hintergrundbeleuchtung dadurch mit ausreichend Spannung versorgt wird. Die Kondensatoren sorgen dafür, dass die Hintergrundbeleuchtung nicht flackert.

Die seitlich angebrachten Stiftleisten können bestückt werden, damit die Platine auf ein Breadboard gesteckt werden kann. Die obere Stiftleiste kanneingelötet werden, wenn die Platine stabil auf eine Lochrasterplatine eingebaut werden soll. Diese drei mit NC gekennzeichneten Stiftleisten J3–J5 sind nicht mit dem Stromkreis verbunden.

Ansteuerung über SPI

Die Kommunikation mit dem Display und der microSD-Karte läuft über das Bus-System SPI ab. Die zur Übertragung verwendeten Pins sind SDO, SDI und SCK und die Leitungen SD_CS und TFT_CS, um gezielt die microSD-Karte oder das Display anzusprechen. SDI steht für Serial Data In, SDO für Serial Data Out und SCK für Serial Clock. Die Bezeichnungen der Pins werden immer aus Sicht des Bauteils gesehen.

TFT_DC steht für TFT Data/Command. Ist diese Leitung LOW, weiß das Display-IC, dass nun ein Befehl geschrieben wird. CS bezeichnet die Chip-Select-Leitung der jeweiligen Peripherie, die den über SDO vom Mikrocontroller gesendeten Befehl empfangen soll. Die Peripherie wird in diesem Fall aus der microSD-Karte und dem Display gebildet. Die Chip-Select-Leitung ist active low, was bedeutet, dass die Leitung der Peripherie, die man ansprechen möchte, auf LOW gezogen werden muss.

In Bild 3 sieht man einen Screenshot eines Logic-Analyzers von einem Teil der Initialisierungssequenz. Auf Channel 0 (oben) werden die Daten und Befehle übertragen (SDI), Channel 1 ist die Clock und Channel 2 zeigt den Status der TFT-Chip-Select-Leitung.

Wenn nun vom Mikrocontroller Daten an das Display gesendet werden sollen, wird die TFT-Chip-Select-Leitung auf LOW gezogen und der Displaycontroller geht in den Listen-/Hören-Modus. Über die Clock-Leitung wird der Takt vorgegeben, in dem die Befehle und Daten übertragen werden. TFT_DC wird während der Übertragung auf HIGH oder LOW gesetzt, um mitzuteilen, ob Kommandos oder Pixeldaten übertragen werden, und währenddessen folgt das eigentliche Befehls- oder Informationsbyte.

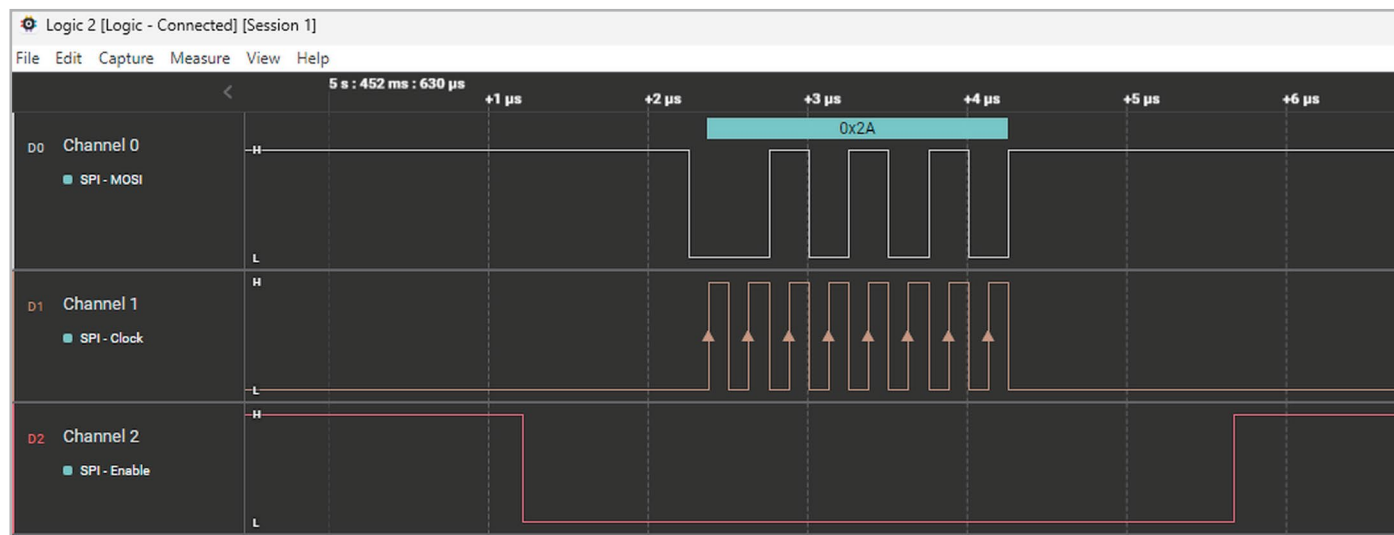


Bild 3: Screenshot des Logic-Analyzers

Wie an dem beigefarbenen Dreieck im mittleren Bereich von [Bild 3](#) zu erkennen ist, wird der Wert von SDI an der steigenden Taktflanke der Clock-Impulse eingelesen.

Die von der Hintergrundbeleuchtung abhängige Bildschirmhelligkeit lässt sich verändern, indem man ein PWM-Signal auf den Pin 10 (LED) gibt.

Die microSD-Karte kann entsprechend genutzt werden, wenn Pin 3 (SD_ON) davor auf HIGH gesetzt wurde oder dauerhaft mit Spannung versorgt wird.

Pin 9 (RES) ist eine Resetleitung, um das Display zurückzusetzen.

SD_DETECT ist ein Schalter.

Ist keine microSD-Karte eingesteckt, liegt der Pin auf Masse. Wenn die Karte eingesteckt ist, öffnen die Kontakte. Und ein HIGH-Pegel liegt an, wenn der interne Pull-up-Widerstand des Mikrocontrollers aktiviert wurde.

Betrieb mit einem Arduino

Zur Ansteuerung des TFT-Displays können zum Beispiel die fertigen Arduino-Bibliotheken von Adafruit verwendet werden. Dazu muss mithilfe des Bibliotheksverwalters (Sketch → Bibliothek einbinden → Bibliotheken verwalten) die Bibliothek „Adafruit ST7735 and ST7789 Library“ installiert werden ([Bild 4](#)). Mit dem Paket wird auch eine Grafikbibliothek heruntergeladen [1], die geometrische Figuren und Schriften bereitstellt.

Im Ordner „Beispiele“ findet man nun diese Bibliothek und kann die zugehörigen Beispiele anschauen, um Grafiken auf dem Display darzustellen. Wählt man das Beispiel „graphicstest“ ([Bild 5](#)), muss man zunächst noch Anpassungen vornehmen, indem man die zum 240x240-Pixel-Display gehörigen Einstellungen wie im Sketch beschrieben unkommentiert und alle anderen auskommentiert.

Es ist hier möglich, zwischen dem schnelleren Hardware-SPI und Firmware-SPI zu wählen, welche die Pinbelegung freistellt. Bei Hardware-SPI werden die SPI-Pins wie in der Grafik (s. Abschnitt „Betrieb des PAD-TFT“) verdrahtet.

Die TFT_DC und die TFT_CS-Leitungen können an beliebige Pins angeschlossen werden. Die Reset-Leitung kann, muss aber nicht ver-

wendet werden. Soll das Display nicht gedimmt werden, sondern die ganze Zeit beleuchtet sein, kann der Anschluss TFT_LED auch in Hardware auf HIGH gelegt werden.

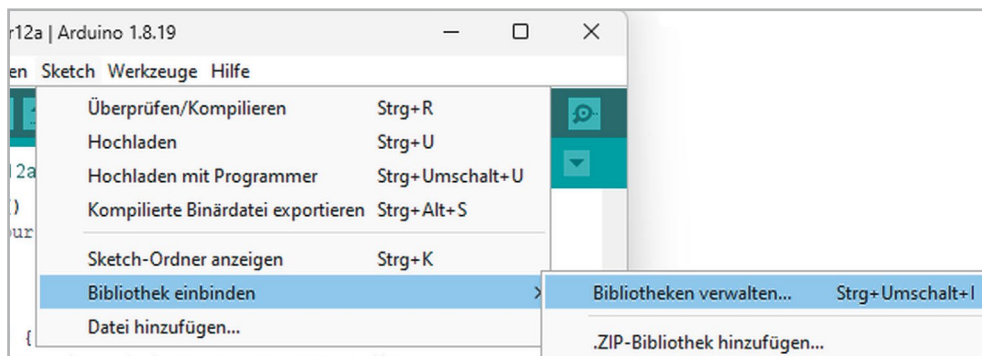


Bild 4: Einbinden der Display-Bibliothek in die Arduino IDE

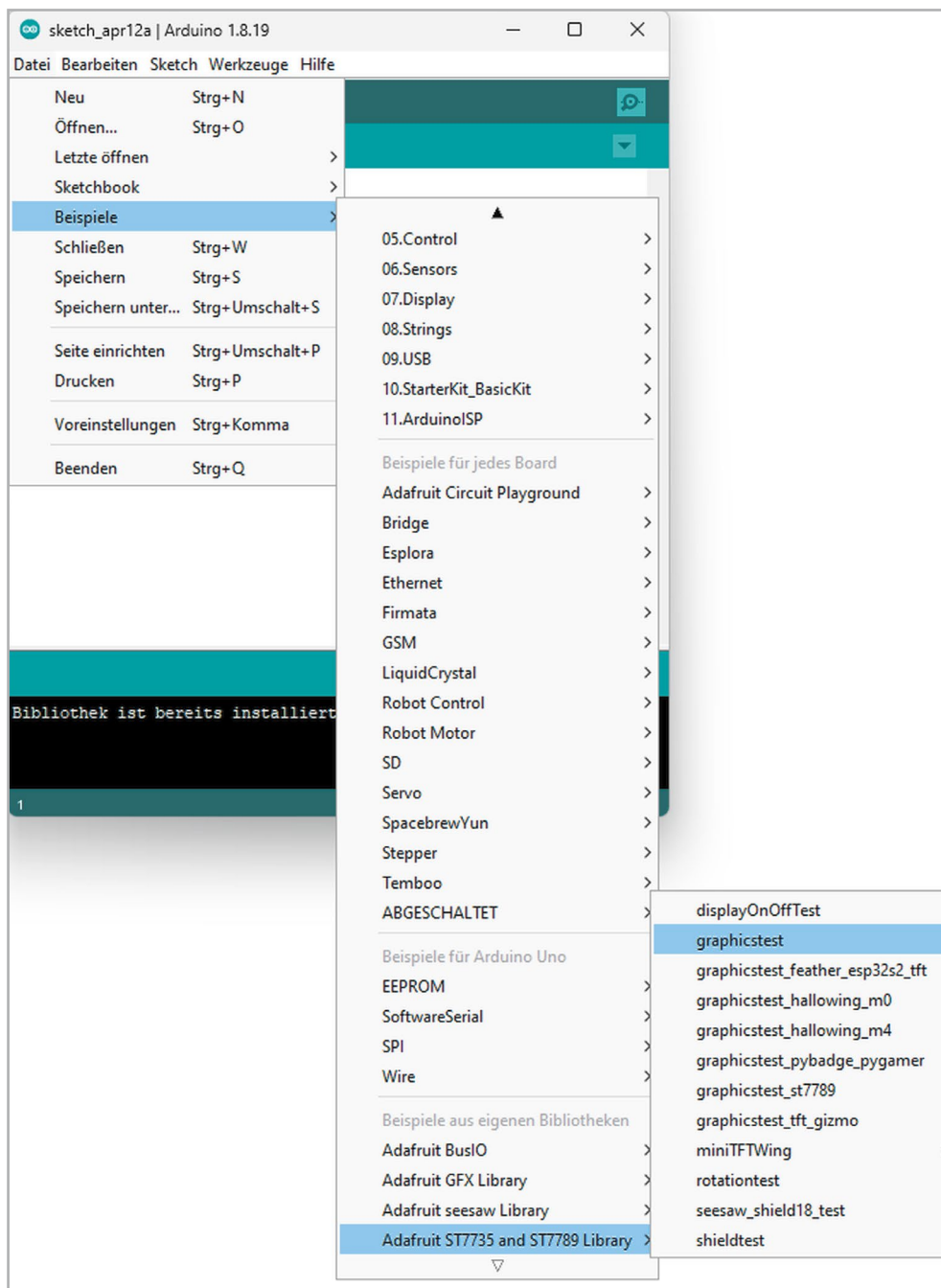


Bild 5: Auswahl des Beispiel-Sketches graphicstest

Um die microSD-Karte zu nutzen, kann man zum Beispiel die Image-Reader-Library von Adafruit nutzen. Diese ermöglicht es, Bitmap-Grafiken zu lesen und auf dem TFT-Display auszugeben.

Die Bibliothek wird wie oben erwähnt über den Bibliotheksverwalter installiert. Man wählt über Datei -> Beispiele -> Adafruit ImageReader Library den Sketch Breakout ST7789-240X240.

Um nun Bilder von der microSD-Karte darstellen zu können, muss man Bilder im 24-Bit-Bitmap-Format im Basisverzeichnis der microSD-Karte ablegen. Die SD-Karte muss im FAT16- oder FAT32-Format vorliegen. Dies ist bei kleineren Speicherkarten meist der Fall.

Damit die Bilder auch vom Arduino gefunden werden können, müssen diese entsprechend den Vorgaben des Sketches benannt werden oder die Aufrufe im Sketch müssen geändert werden. Die Dateinamen dürfen allerdings nicht länger als acht Zeichen sein.

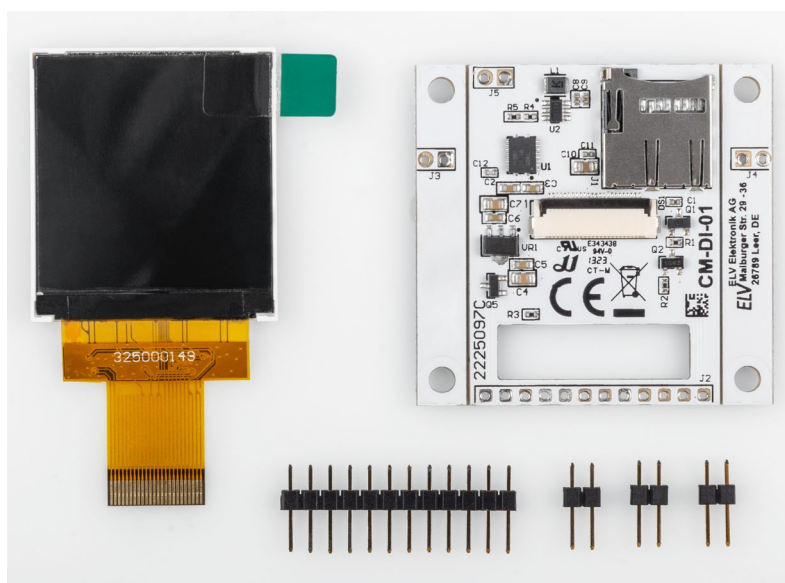


Bild 6: Lieferumfang des PAD-TFT

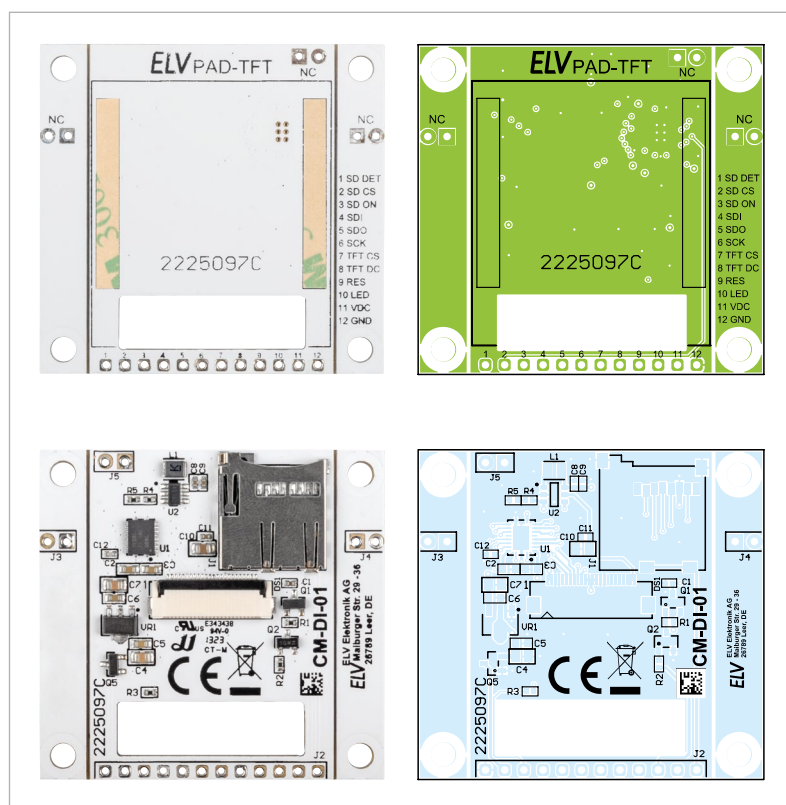


Bild 7: Platinenfotos und Bestückungsdruck

Entsprechende Bitmap-Grafiken lassen sich mit einfachen Bildbearbeitungsprogrammen erstellen. Wichtig ist hierbei, darauf zu achten, eine Farbtiefe von 24 Bit und maximal 240 x 240 Pixel einzustellen. Zusätzlich muss entweder der Code des Beispiels um das Einschalten von SD_ON im Setup erweitert oder der Anschluss in Hardware auf HIGH gelegt werden, damit die microSD-Karte überhaupt mit Spannung versorgt wird.

Die Displayhelligkeit kann über einen PWM-Ausgang gesteuert werden. Dazu kann in Arduino die AnalogWrite-Funktion genutzt werden.

Nachbau

Der Lieferumfang des Prototypenadapter-TFT-Displays ist in Bild 6 zu sehen. Er besteht aus:

- Display mit FPC-Verbinde
- Platine mit microSD-Kartenslot
- 1x 12-polige Stiftleiste
- 3x 2-polige Stiftleiste

Bild 7 zeigt zur Orientierung die Platinenfotos und den Bestückungsdruck.

Soll das Display auf einem Breadboard oder einer Lochrasterplatine verwendet werden, sollten am besten noch vor dem Einbau des Displays die mitgelieferten Stiftleisten angelötet werden, da die Displayleitungen sehr dicht an den Anschlüssen verlaufen und nicht durch Hitze beschädigt werden sollten.

Achten Sie darauf, dass die Stiftleisten genau senkrecht zur Platine stehen. Für die Verwendung auf dem Breadboard empfiehlt es sich, die seitlichen Stiftleisten (J3, J4) einzulöten. Für den Einsatz auf der Lochrasterplatine sollte die obere Stiftleiste (J5) eingelötet werden, damit die Displayplatine später nicht wackelt beziehungsweise bei Druck auf das Display zu stark an den Anschlüssen beansprucht wird.

Soll das Display aufrecht stehen, kann man (nicht im Lieferumfang enthaltene) abgewinkelte Stiftleisten verwenden (Bild 8).

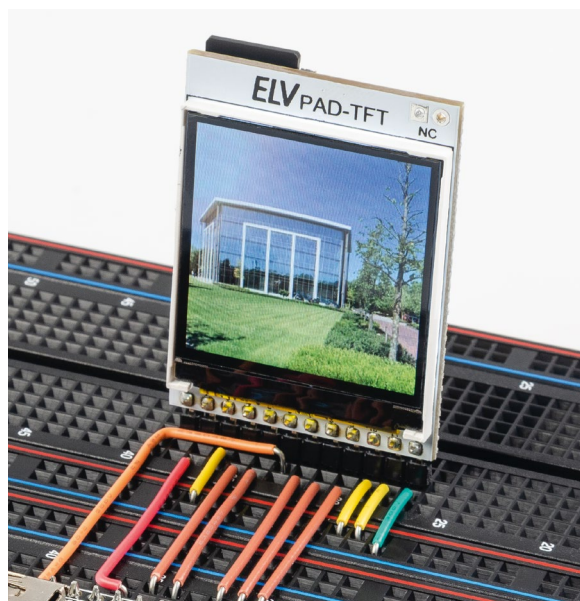


Bild 8: Für eine stehende Montage auf dem Breadboard können optional abgewinkelte Stiftleisten verwendet werden.

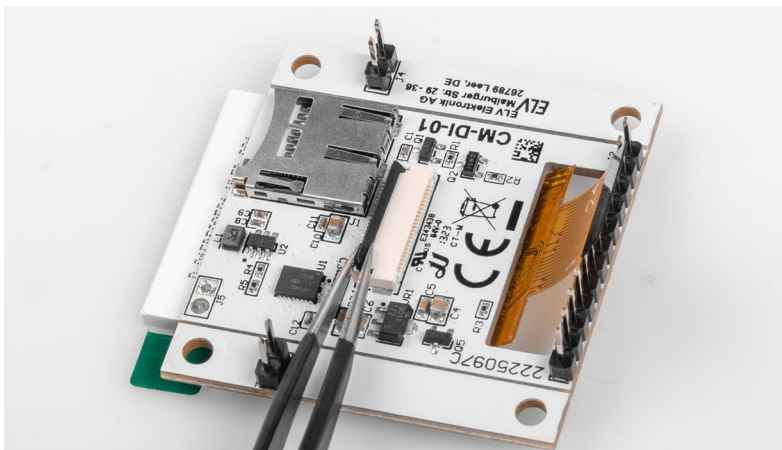


Bild 9: Öffnen des Steckverbinders

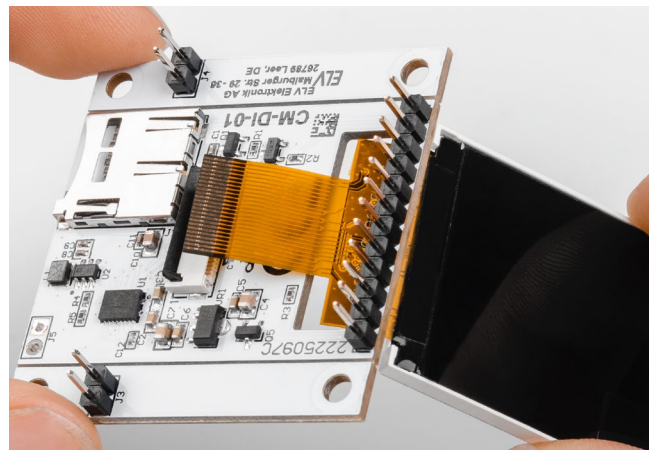


Bild 10: Die Displayleitung wird durch den Schlitz in der Platine geführt.

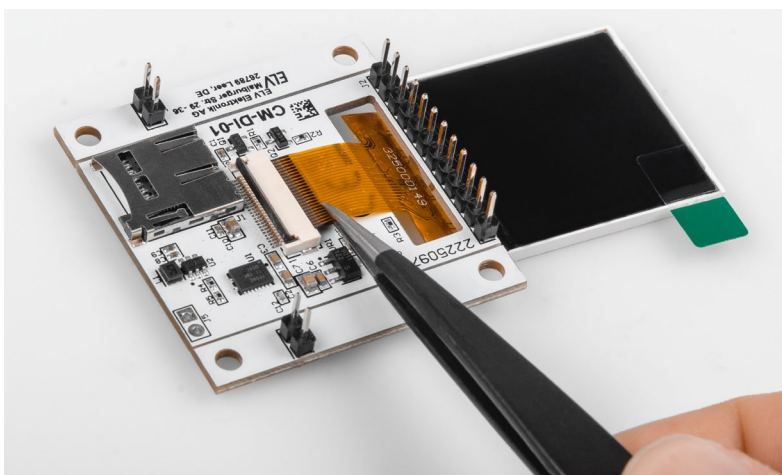


Bild 11: Einführen des Kabels und Schließen des Steckverbinders

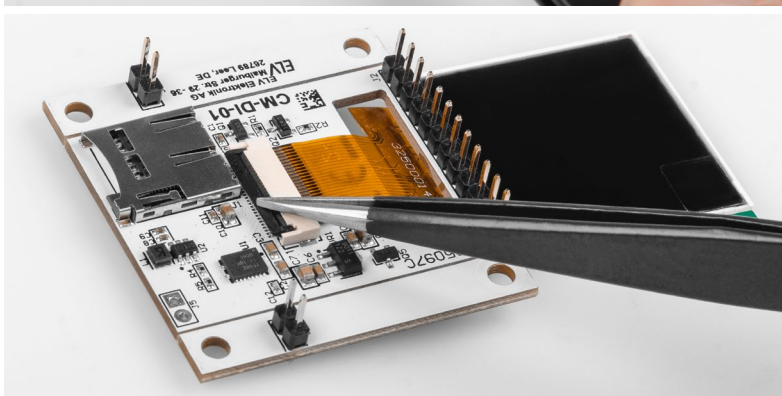


Bild 12: Montage des Displays auf der Platine

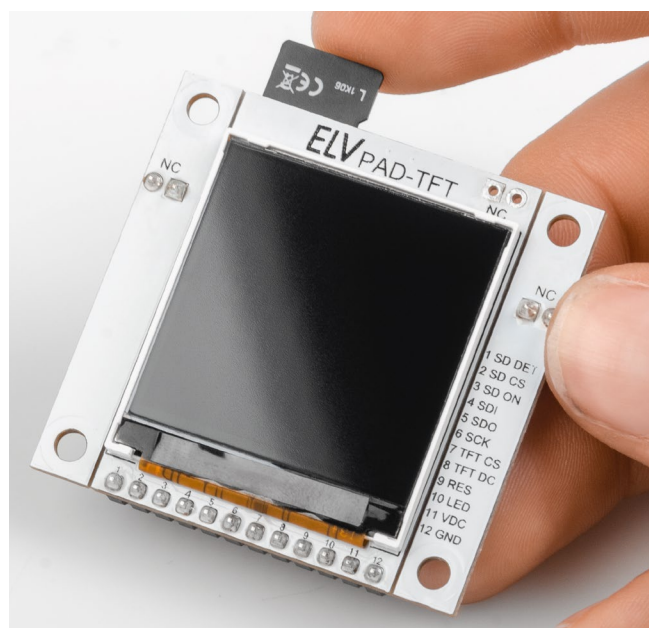


Bild 13: Das fertig aufgebaute PAD-TFT mit der eingeschobenen microSD-Karte.

Nun wird das Display eingebaut. Öffnen Sie den Hebel des Steckverbinders, indem Sie ihn vorsichtig, z. B. mit einer Pinzette, nach oben klappen (Bild 9). Nun wird die Displayleitung durch die Öffnung geschoben (Bild 10).

Führen Sie die Anschlussleitung möglichst gerade in den Steckverbinder ein und schließen Sie den Hebel (Bild 11).

Entfernen Sie die Schutzfolie von den beiden Streifen doppelseitigen Klebbands und drücken Sie das Display leicht anhand des vorgegebenen Rahmens auf die Platine (Bild 12).

Zum Schluss entfernen Sie noch die Schutzfolie vom Display.

Damit ist der Nachbau abgeschlossen.

Die microSD-Karte (nicht im Lieferumfang) kann - mit zur Platine weisenden Kontakten - links oben unter der Platine eingeschoben werden (Bild 13).

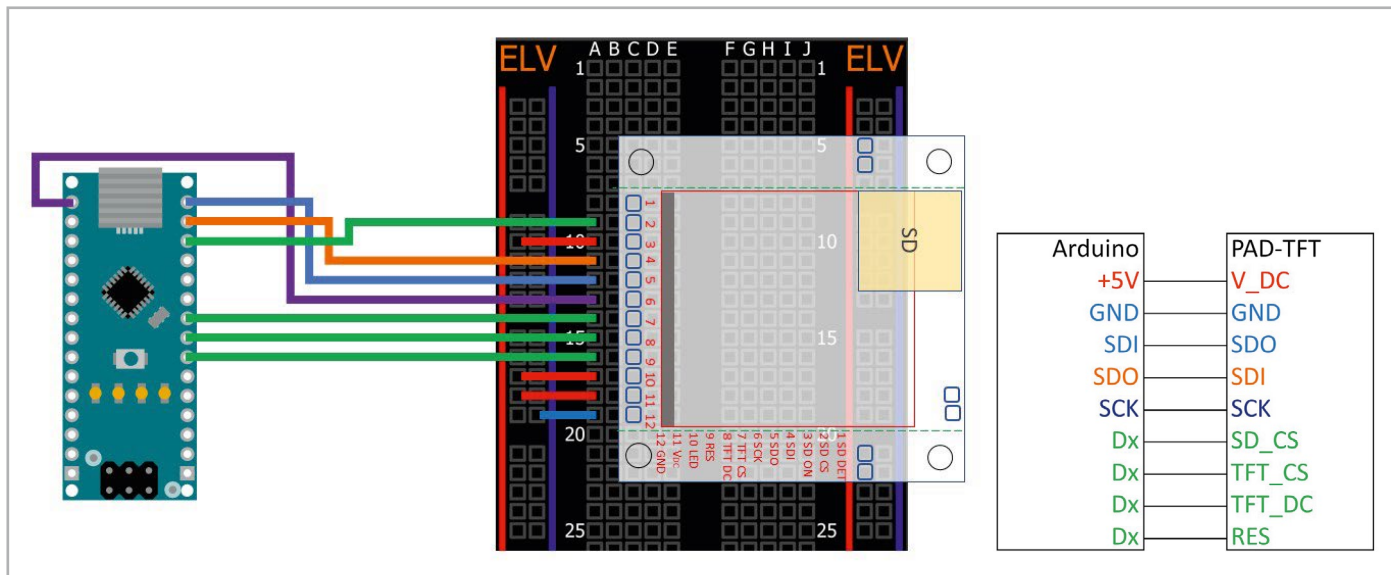


Bild 14: Schaltungsbeispiel zum Anschluss des PAD-TFT an einen Arduino Nano



Bild 15: Das PAD-TFT-Display in einem Gehäuse verbaut

Betrieb des PAD-TFT

Um das PAD-TFT mit einem Arduino zu verwenden, wird das Display mit den SPI-Pins und der 5-V-Spannungsversorgung des Mikrocontrollers verbunden (Bild 14). Alle nun nicht angeschlossenen Pins können an beliebige GPIO-Pins angeschlossen werden. Soll die Helligkeit über PWM gesteuert werden, so ist dieser Anschluss an einen PWM-fähigen Pin anzuschließen.

Sollten Sie das Display später nicht mehr auf dem Breadboard, sondern z. B. in einem Gehäuse (Bild 15) anbringen wollen, können Sie die Stiftleisten J3 und J4 entfernen und das Display an den vorgesehenen Bohrungen anschrauben (Bild 16).

Sie können aber auch die Leisten an der Seite mit einer Zange abbrechen, um das Display noch platzsparender verbauen zu können (Bild 17). **ELV**

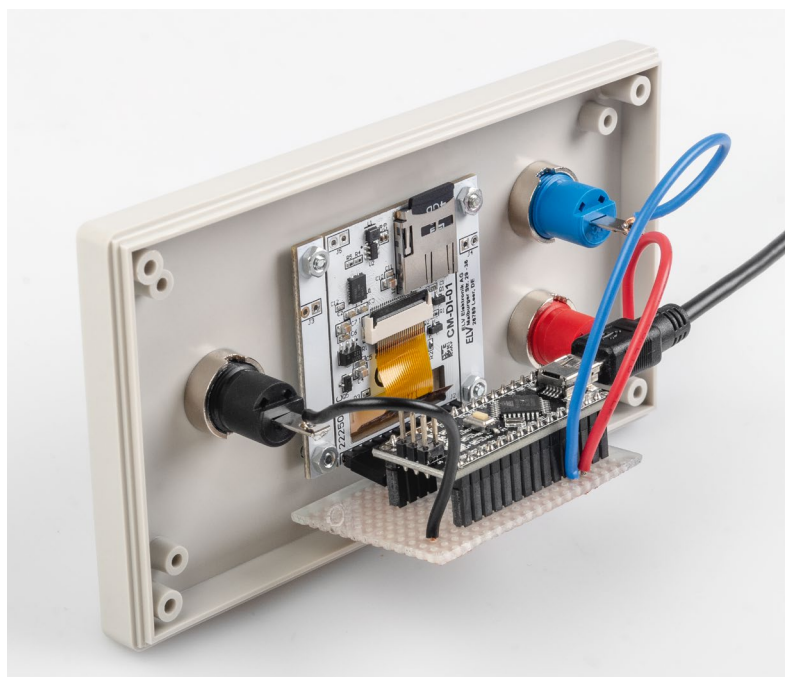


Bild 16: Für den Einbau in ein Gehäuse können die Bohrlöcher verwendet werden.

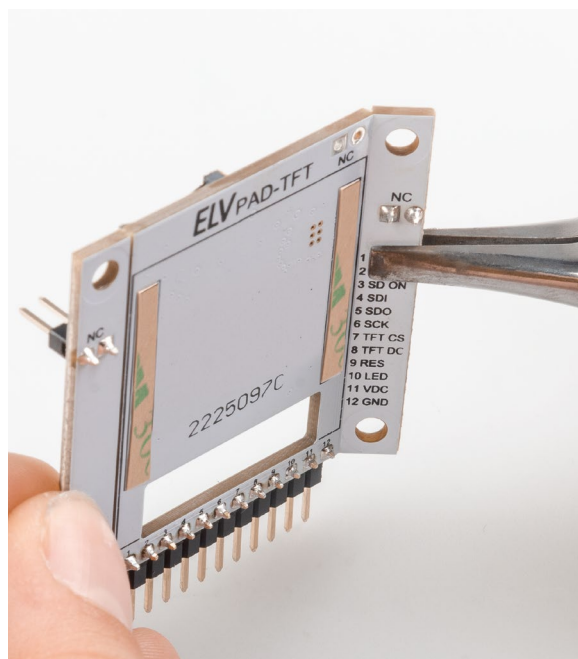


Bild 17: Um Platz zu sparen, können vor dem Einbau in ein Gehäuse zuvor die seitlichen Stege abgebrochen werden.

Widerstände:

0 Ω/SMD/0402	R5
12 Ω/SMD/0402	R4
1 kΩ/SMD/0402	R2, R3
1 MΩ/SMD/0402	R1

Kondensatoren:

100 pF/50 V/SMD/0402	C12
100 nF/16 V/SMD/0402	C11, C8
100 nF/50 V/SMD/0603	C2, C3, C5, C6
1 μF/16 V/SMD/0402	C1, C9
4,7 μF/16 V/SMD/0805	C10
10 μF/16 V/SMD/0805	C4, C7

Halbleiter:

TXS0108ERGYR/SMD	U1
R1207N823B/SMD	U2
TS9011SCY RMG/SMD	VR1
IRLML6401/SMD	Q1, Q5
BC847C/SMD	Q2
TFT-Display-Modul/240 x 240 Pixel/RGB	DS1

Sonstiges:

FFC/FPC-Verbinder, 24-polig, 0,5 mm, liegend, SMD	DS1
Speicherdrossel, SMD, 10 μH/550 mA	L1
microSD-Kartenhalter	J1
Stiftleiste, 1x 12-polig, gerade, THT	J2
Stiftleisten, 1x 2-polig, gerade	J3-J5
Klebeband, doppelseitig, 3 mm breit	

Geräte-Kurzbezeichnung:	PAD-TFT
Versorgungsspannung:	3,3-5,5 Vdc
Stromaufnahme:	100 mA max.
Displayauflösung:	240 x 240 RGB Pixel
Displaytreiber:	ST7789
Schnittstelle:	SPI max. 8 MHz
Schnittstellenpegel:	3,3-5 V per Pegelwandler
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Leitungslängen an J2:	max. 20 cm
Abmessungen (B x H x T):	44 x 46 x 12 mm
Gewicht:	13 g

i Weitere Infos

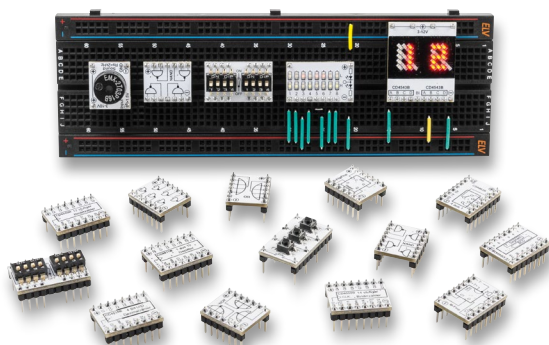
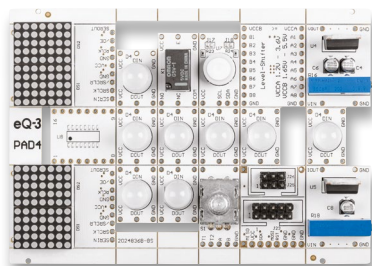
[1] Dokumentation Grafikbibliothek:

<https://learn.adafruit.com/adafruit-gfx-graphics-library>

Alle Infos finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournals-links

EXPERIMENTIEREN

für Profis



Prototypenadapter (PAD) sind ein praktisches Hilfsmittel zum professionellen Experimentieren auf dem Breadboard. Denn viele elektronische und mechanische Bauteile sind nicht Breadboard-kompatibel – die Anschlussdrähte sind zu dünn, zu kurz, zu lang, zu flexibel, nicht im Rastermaß oder haben die falsche Ausrichtung.

Prototypenadapter lösen dieses Problem. Auf ihnen sind die Bauteile jeweils auf einer kleinen Platine untergebracht, die wiederum über Stiftleisten verfügt, die in die Buchsenleisten der Steckboards passen.

Die aufgedruckte Anschlussbelegung der Bauteile ist ein zusätzliches Plus bei den Prototypenadaptern. Um kompliziertere Bauteile nutzen zu können, ist in der Regel ein Anschlussschema erforderlich, z. B. aus einem Datenblatt mit entsprechendem Schaltbild. Bei der Verwendung eines Prototypenadapters ist die Pinbelegung hingegen auf der Platinenoberfläche aufgedruckt. Das erleichtert das Arbeiten sowohl mit komplexen als auch einfachen Bauteilen.

Lesen Sie mehr über unsere Prototypenadapter und das Zubehör zum professionellen Experimentieren unter de.elv.com/experimentieren-fuer-profis oder scannen Sie den nebenstehenden QR-Code.

