

DIY-LCD-Binäruhr

Richard Fuchs, Elisabeth Hoppe, Johannes Höhn, Lukas Scheuring
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Zusammenfassung—Diese Paper ist im Zuge der DIY Vorlesung an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entstanden und beschreibt die Herstellung einer Binäruhr mit einem Liquid-Crystal-Display. Detailliert erläutert und mit vielen Erfahrungen erweitert ist vor allem der Beitrag zur Herstellung eines Flüssigkristalldisplays. So haben wir verschiedene Ansätze zur Elektrodenstrukturierung und Oxidierung der leitend beschichteten Glasplatten getestet. Eine Testplatine zur Ansteuerung des Displays wurde ebenfalls erstellt. Im weiteren Verlauf müssen die Elektronik getestet, das Programm geschrieben und ein Gehäuse hergestellt werden.

I. PROJEKTBESCHREIBUNG

A. Motivation

In diesem Projekt wird eine selbstgebaute Dezimal-Binär-Uhr hergestellt die mit Batterien und ohne Netzanbindung betrieben wird. Die Anzeige soll aus einem selbstgebauten Flüssigkristalldisplay (Liquid Crystal Display, LCD) bestehen. Dadurch wird die Uhr besonders energiesparend und es können individuelle Symbole zur Anzeige der Uhrzeit gewählt werden. Angesteuert wird der Display über einen Mikrocontroller. Zwei Taster dienen zur minutengenau Einstellung der Uhr. Derartige Binäruhren sind nicht käuflich erhältlich und es existieren noch keine Anleitungen dafür.

B. Spezifikationen

Die Uhr sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

- Anzeige der Uhrzeit in einem Dezimal-Binär-Code (binäre Darstellung der Dezimalstellen)
 - Betrieb mit herkömmlichen Batterien
 - Geringer Verbrauch und somit langer unabhängiger Betrieb
 - Individuelles Design
 - Ansteuerung durch einen Mikrocontroller

C. Produktionsschritte

Bei der Herstellung des Uhr wird wie folgt vorgegangen:
Zuerst wird das LCD-Display an sich hergestellt. Nach der Fertigstellung der Elektronik wird das Programm geschrieben und das Gehäuse gefertigt.

D. Verwendete Materialien

Folgende Materialien wurden für 1 Display verwendet
(Manche Materialien können mehrfach verwendet werden):

- Indium-Zinn beschichtete Glasplatten (2 Stück pro Display)
 - Aceton

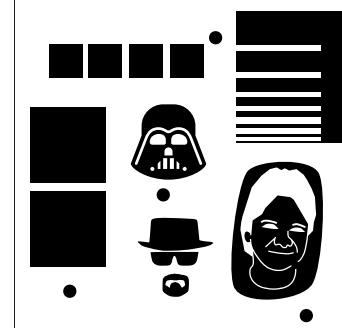


Abbildung 1. Testmuster mit verschiedenen Vierecken, Linien in der Renard-Serie R[”]5 und Gesichtern - u.a. Darth Vader 6 (Mittig) und Walther White (Mitte-Unten) - sowie Ausrichtungspunkte

- Klebefolie für Schneideplotter
 - 5%-ige Salzsäue (200ml, kann wiederverwendet werden)
 - Siedesteinchen (10-20 Stück)
 - Reinigungskonzentrat RBS 35 (100g, kann wiederverwendet werden)
 - Fusselfreie Tücher
 - Abstandshalterbogen 15 µm (4 Stück 1mm x 4mm)
 - Zweikomponentenkleber
 - Nematischer Flüssigkristall (2g)
 - Polarisationsfolie selbstklebend, transparent
 - Polarisationsfolie selbstklebend, mit Reflektor
 - Zubehör zur Platinenherstellung (Platinen, Chemikalien)
 - Acryl zur Gehäuseherstellung

II. LCD

Sicherheitshinweis: Vorsicht beim Umgang mit den Chemikalien. Immer eine Schutzbrille tragen!

A. Testplatine

Um herauszufinden, welche Strukturen sich mit einem selbst-hergestellten LCD darstellen lassen, wurde ein Testmuster mit verschiedenen Anzeigen entwickelt (Abbildung 1). Durch das Testmuster wurde die Anzeige von beliebigen Motiven, und der kleinsten Liniendicke für die Anzeige getestet. Dazu wurde die Renard-Serie R”5 verwendet, jedoch war auch die kleinste gewählte Linienstärke von 0,4 mm möglich. Aus dem Testmuster wurden zwei Vorlagen für die beiden Glasplatten erstellt (Abbildung 2), die zusätzlich noch die Stromzuleitungen enthalten.

B. Funktionsweise

Das Display besteht aus zwei zusammengeklebten Glaspalten mit einem Abstand von circa 10 Mikrometern. Auf den



(a) Testmuster (Anzeigen, Ausrichtungspunkte und Zuleitungen untere Seite)

(b) Testmuster (Anzeigen, Ausrichtungspunkte und Zuleitungen obere Seite)

Abbildung 2. Testmuster obere und untere Seite

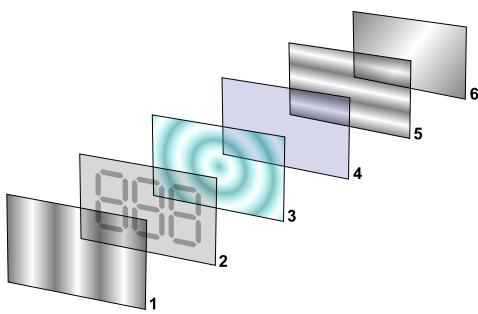


Abbildung 3. Aufbau eines LCDs mit Polarisationsfolien (Markierung 1 und 5), zwei beschichteten, leitenden Glasplatten (Markierung 2 und 4), den Flüssigkristallen (Markierung 3) und einem Reflektor (Markierung 6) [1]

Glasplatten befinden sich leitende Schichten aus Indium-Zinn. Diese Schichten werden später zur Darstellung von Zeichen oder Symbolen verwendet. Der grundsätzliche Aufbau eines LCD Displays besteht aus folgenden Teilen (siehe Abbildung 3):

- Zwei Glasplatten, deren mit leitender Schicht überzogene Innenseiten sich gegenüberliegen (Markierung 2 und 4)
- Zwischen den Glasplatten: Flüssigkristall (Markierung 3)
- Außerhalb der Glasplatten: Polarisationsfolien (Markierung 1 und 5)
- Eine Reflektorfolie auf einer Seite (Markierung 6)

Die Glasplatten werden so präpariert, dass die zigarrenförmigen Moleküle auf jeweils einer Glasplatte in eine Richtung zeigen. Auf der gegenüberliegenden Seite sind sie um 90 Grad gedreht. Der Flüssigkristall beschreibt eine "Schraubenstruktur". Diese verschraubte Struktur veranlasst polarisiertes Licht, ihr zu folgen. Ohne Spannung wird die Polarisationsebene um 90 Grad gedreht und das Licht wird durchgelassen und reflektiert. Beim Anlegen von Spannung (siehe Kapitel III) richten sich die Moleküle kollektiv senkrecht zu den Elektroden aus. Somit existiert also für das Polarisationslicht keine Schraubenstruktur mehr. Folglich wird beim Durchgang durch die Zelle der Polarisationszustand nicht beeinflusst, was schließlich dazu führt, dass die Bereiche dunkel erscheinen (Quellen: [3] [2]).

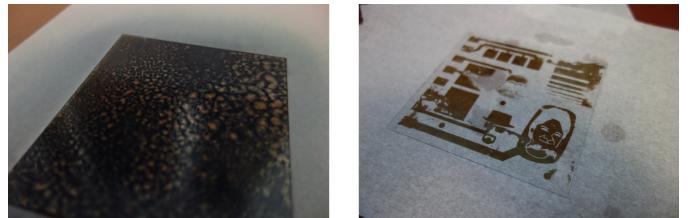


Abbildung 4. Glasplatte mit Fotolack beschichtet (links) und nach der Ätzung (rechts)

C. Elektrodenstrukturaufbringung

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die gewünschten Strukturen auf die leitend beschichteten Glasplatten aufgebracht werden können. Hierfür kommen Fotolack, Klebefolien oder Edding in Betracht.

Fotolack: Wie bei der Herstellung von Platinen wird auf die leitende Seite der Glasplatten eine Schicht Fotolack aufgetragen. Verwendet wurde [5, POSITIV 20 Lichtempfindlicher Lack]. Bei Raumtemperatur muss der Lack für 24h an einem dunklen Ort trocknen. Die Glasplatten sollten zudem vor dem Besprühen gut gereinigt werden, um Fettflecken und andere Verunreinigungen zu entfernen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass der Lack nicht gut haftet oder sich schlecht verteilt. Auf mehreren Platten wurde der Fotolack auf verschiedene Arten aufgetragen. Zum einen wurde ein Test für 1 bis zu 5 aufgetragenen Schichten durchlaufen. Des Weiteren wurden die Platten flach auf dem Boden liegend, sowie in einem 30 Grad Winkel besprüht. Mit letzterer Methode wurde das beste Ergebnis erzielt, da der Lack leicht nachfließen konnte und sich somit am schönsten verteilt hat. Bei der Schichtdicke war es ausreichend eine einzelne Schicht aufzutragen.

Nun werden die beschichteten Glasplatten in den Belichter gelegt und das Anzeigedesign, welches auf Papier ausgedruckt wurde, auf die beschichtete Seite gelegt. Wie beim Belichten von Platinen ist eine Belichtungszeit von 9:40 min zu wählen. Da es sich um Glasplatten handelt, auf denen von beiden Seiten Licht durchdringen kann, ist unbedingt darauf zu achten ein lichtundurchlässiges Objekt auf die nicht mit Fotolack beschichtete Seite zu legen (Beispielsweise eine schwarze Acrylplatte). Ansonsten wird die komplette Fotolackschicht belichtet. Anschließend wird der Fotolack entwickelt.

Abbildung 4 zeigt, dass durch das Fotolackverfahren ein unscharfes Bild entsteht, da sich der Fotolack nicht gleichmäßig genug auf der Glasplatte verteilt.

Klebefolie: Muster werden entworfen und mit einem Plotter aus einer selbstklebenden-Folie ausgeschnitten. Das Muster wird auf einer Übertragungsfolie aufgebracht und auf die leitende Schicht der Glasplatten aufgeklebt (Abbildung 5(a)), anschließend wird die Übertragungsfolie abgezogen. Nun sind alle Stellen, die später leuchten sollen, abgedeckt. Versuche haben bestätigt, dass das Abziehen der Klebefolie die leitende Indium-Zinn Schicht nicht entfernt oder merklich schädigt. Die Vorteile der Folie sind, dass komplexe Strukturen hergestellt werden können und sehr scharfe Kanten entstehen. Allerdings ist das anschließende Abziehen der Folie (Abbildung 5(d)) sehr mühsam.

Edding: Eine weitere Möglichkeit zur Elektrodenstrukturierung ist mit Hilfe eines wasserfesten Eddings - hierbei werden die Strukturen direkt aufgemalt. Dieses Verfahren ist zwar einfacher, allerdings entstehen hierbei keine so scharfen Kanten wie durch die oben erwähnte Klebefolie.

Wegen der oben genannten Gründe greifen wir für die Herstellung unseres Displays auf die Methode Klebefolie zurück.

D. Ätzen der Struktur

Um die Elektroden freizulegen muss an allen Stellen, an denen das Display nichts anzeigen soll die leitende Schicht weggeätzt werden. Dies ist daran zu erkennen, dass die braune Färbung der leitenden Indium-Zinn Schicht vollständig verschwindet (Abbildung 5(c)). Hierbei stehen zwei Verfahren zur Auswahl.

Salzsäure: Die leitende Indium-Zinn-Schicht lässt sich sehr schnell und einfach mit Salzsäure (5%) entfernen. Hierfür wird die Glasplatte mit der schützenden Schicht (Fotolack, Klebefolie oder Edding), in Salzsäure gelegt (Abbildung 5(b)). Bereits nach 15 Sek. ist der Vorgang beendet. Gegebenenfalls können die Platten auch länger im Salzsäurebad verweilen. Dies könnte allerdings dazu führen, dass die Salzsäure unter die Klebefolie zieht und zu viel wegätzt.

Platinenätzmittel: Das Wegätzen der Indium-Zinn Schicht ist auch durch das Ätzbad (Natriumpersulfatlösung) möglich, welches im FAUFabLab zum Ätzen von Platinen genutzt wird. Nach ca. 20 Minuten war bei unserem Versuch die leitende Indium-Zinn-Schicht entfernt. Diese Methode stellt also eine Alternative zur Salzsäure dar.

Qualitativ waren keine Unterschiede zu erkennen aber der Vorteil der Salzsäure liegt darin, dass sie die Ätzung schneller durchführt. Deshalb wird diese Methode gewählt.

E. Oxidierung der Glasplatten

Um die Oxidierung der Indium-Zinn Schicht der Glasplatten zu Indium-Zinn-Oxid zu erreichen, wurden mehrere Verfahren getestet. Im Folgenden werden diese vorgestellt und auf ihre Einsetzbarkeit überprüft. Die Indikatoren für eine gelungene Oxidierung sind, dass die für die leitende Schicht typische braune Färbung merklich verschwindet und eine Messung mittels eines Multimeters eine nennenswerte Änderung der Leitfähigkeit ergibt.

1) *Wasserstoffperoxid:* Eine Testplatte wurden in ein 40%-Wasserstoffperoxid-Bad gegeben und nach 1h wieder entnommen. Leider war dieser Oxidierungsversuch nicht erfolgreich. Nun soll ein Langzeittest über 5 Tage Erkenntnisse darüber geben, ob der Oxidierungsvorgang bei einer längeren Einwirkungsdauer funktioniert. Dies war nicht der Fall.

Somit lässt sich festhalten, dass eine Oxidierung mittels Wasserstoffperoxid bei Raumtemperatur nicht möglich ist.

2) *Wasserstoffperoxid mit Hitze:* Da die Oxidierung bei Raumtemperatur nicht funktioniert hat wurde ein Versuch gestartet, die Indium-Zinn Schicht in erhitztem Wasserstoffperoxid (ca. 370K) durchzuführen. Auch hier konnte nach zwei Stunden keine Oxidierung festgestellt werden.

3) *Hitze durch einen Heißluftföhn:* Ein Test mit einem Heißluftföhn, der auf 300 Grad eingestellt wurde ergab, das nach einer Einwirkzeit von 1h die Schicht oxidiert ist. Jedoch ist eine großflächige Aufbringung der Hitze nicht möglich bzw. sehr aufwendig. Deshalb ist für Plattengröße von 110mm x 100mm das Verfahren unbrauchbar.

4) *Hitze im Ofen:* Ein funktionierendes, aber sehr zeitaufwändiges Verfahren ist die Oxidierung in einem Ofen. Hierbei kann ein gewöhnlicher Elektrofen eingesetzt werden. Wir haben den Reflow-Ofen aus dem Fablab hierfür benutzt. Bei der maximalen Temperatur des Ofen von 230 Grad werden die Glasplatten mit der beschichteten Seite nach oben auf das Gitter gelegt. Wichtig ist, dass der Ofen nur leicht vorgeheizt wurde, da zu starke Temperaturunterschiede die Glasplatten zum brechen bringen könnten. Nun wurden die Testplatten für 1:30h im Ofen belassen und dort anschließend für 30 min abgekühlt. Beide Indikatoren haben angeschlagen was zeigt, dass die Oxidierung erfolgreich war.

Da die Oxidierung im Ofen das einzige funktionierende und effiziente Verfahren ist, wird es zur Herstellung der Displays eingesetzt (Abbildung 5(e)).

F. Ausrichtung der Glasplatten

Die Glasplatten müssen exakt übereinander liegen, sodass sich die Anzeigesymbole perfekt gegenüberstehen. Denn nur wo sie sich exakt gegenüber liegen, wird eine scharfe Anzeige möglich sein. Aus diesem Grund haben wir zuerst kleine Punkte mit dem Folienplotter ausgeschnitten und vor dem Oxidationsvorgang auf den Glasplatten positioniert (vergleiche Abbildung 1), denn zu diesem Zeitpunkt ist die braune leitende Schicht noch gut sichtbar. Allerdings schmelzen diese Punkte, wenn man die Glasplatten zur Oxidierung in den Ofen gibt, weshalb diese Methode nicht empfehlenswert ist. Es hat sich herausgestellt, dass die Oxidierung im Ofen die leitende Struktur nicht komplett durchsichtig macht. Deshalb ist eine extra Aufbringung von Ausrichtungspunkten oder Ähnlichem nicht notwendig.

Die Platten können ohne Probleme anhand der schwachen braunen Restfärbung ausgerichtet werden.

G. Reinigung der Glasplatten

Im nächsten Schritt müssen die Glasplatten gereinigt werden, da jede Verunreinigung dazu führen kann, dass ungewollte Flecken entstehen. Das alkalische Reinigungsbad wird im Verhältnis 1:5 mit Wasser gemischt und anschließend in ein Gefäß gegeben, in das die Glasplatten hineingelegt werden können (siehe Abbildung 5(f)). Wenn man die Platten jeweils mit der leitende Seite nach Außen zeigend einlegt, können beide gleichzeitig gereinigt werden. Um einen Siedeverzug zu verhindern ist es notwendig, dass Siedesteinchen eingelegt werden. Nachdem die Glasplatten in das Gefäß gelegt wurden kann die Flüssigkeit mit einem Heizfeld zum kochen gebracht werden. Die Glasplatten für 5 min im kochenden Wasser belassen und dann wieder etwas abkühlen lassen. Die Glasplatten vorsichtig entnehmen, da große Temperaturunterschiede diese zum zerspringen bringen können. Von nun an sollte darauf

geachtet werden, dass die sauberen Platten nicht wieder durch Fussel oder Feuchtigkeit verunreinigt werden.

H. Reiborientierung

Jetzt müssen die leitenden Schichten noch einer Reiborientierung unterzogen werden. Hierzu die mit einem fusselfreien Tuch abgetrockneten Glasplatten mit der leitenden Seite nach oben auf eine rutschfeste und harte Unterlage legen. Jetzt mit einem fusselfreien Tuch mehrfach unter festem Druck in eine Richtung streichen (Abbildung. 5(g)). Platte 1 muss genau um 90 Grad versetzt zur Glasplatte 2 orientiert werden (vgl. 3).

I. Verkleben und Befüllen

Nun die zugeschnittene Abstandhalterfolie auf eine Glasplatte legen. Als Abstandhalterfolie kann die Folie einer gewöhnlichen Verpackung einer Zigarettenenschachtel verwendet werden. Anschließend die zweite Glasplatte auflegen und zur Ersten ausrichten, dass die Anzeigesymbole so exakt wie möglich übereinander liegen. Nun die zwei Glasplatten an den Abstandhalterfolien zusamendrücken und zwei gegenüberliegende Seiten mit 2-Komponentenkleber verkleben (siehe Abbildung 5(h)). Sobald dieser hart geworden ist kann mit der Befüllung des Flüssigkristalls begonnen werden. Nur sehr wenig Flüssigkristall mit einer Pipette entnehmen und an eine offene Seite auftragen. Durch den Kapillareffekt zieht dieser von selbst ein (siehe Abbildung 5(i)). Wenn das Display komplett vom Flüssigkristall durchzogen ist können die beiden noch offenen Seiten ebenfalls mit 2-Komponentenkleber verklebt werden.

Wichtig ist, dass nicht an beiden Seiten der Flüssigkristall aufgetragen wird, sondern nur an einer. Die Abstandhalter in eine Richtung ausrichten, sodass kein Folienstreifen senkrecht zu einem anderen steht. Dadurch wird ein gutes einziehen des Flüssigkristalls gewährleistet. Querliegende Folienabschnitte verhindern einen zügigen und vollständigen Einzug. Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass die Folien am Rand angebracht werden. Würde die Folie in die Mitte gelegt kann an diese Stelle kein Flüssigkristall gelangen und somit entstehen Flecken an diesen Stellen (Vergleiche Mitte von Abbildung 5(j)).

J. Anzeigefähigkeit

Selbst die kleinste Zuleitung (Dicke 1 mm) bei den kleinen Rechtecken versorgt diese sicher mit Spannung und sie können somit angezeigt werden. Die kleinste Struktur beim Strukturtest wird ohne Probleme angezeigt (Dicke 0,4 mm). Der Grund dafür sind die scharfen Kanten, die durch den Folienplotter erreicht werden. Die Ausrichtung ist gut möglich, da die Struktur nach der Oxidierung der Glasplatten noch leicht, aber dennoch gut sichtbar ist. Komplexe Strukturen (wie z.B. Walter White und Darth Vader) (Vergleiche Abbildung 1) können ebenso ohne Probleme angezeigt werden.

III. ELEKTRONIK

A. Ansteuerung

In diesem Kapitel werden verschiedene Arten und Möglichkeiten der Ansteuerung des LCD diskutiert.

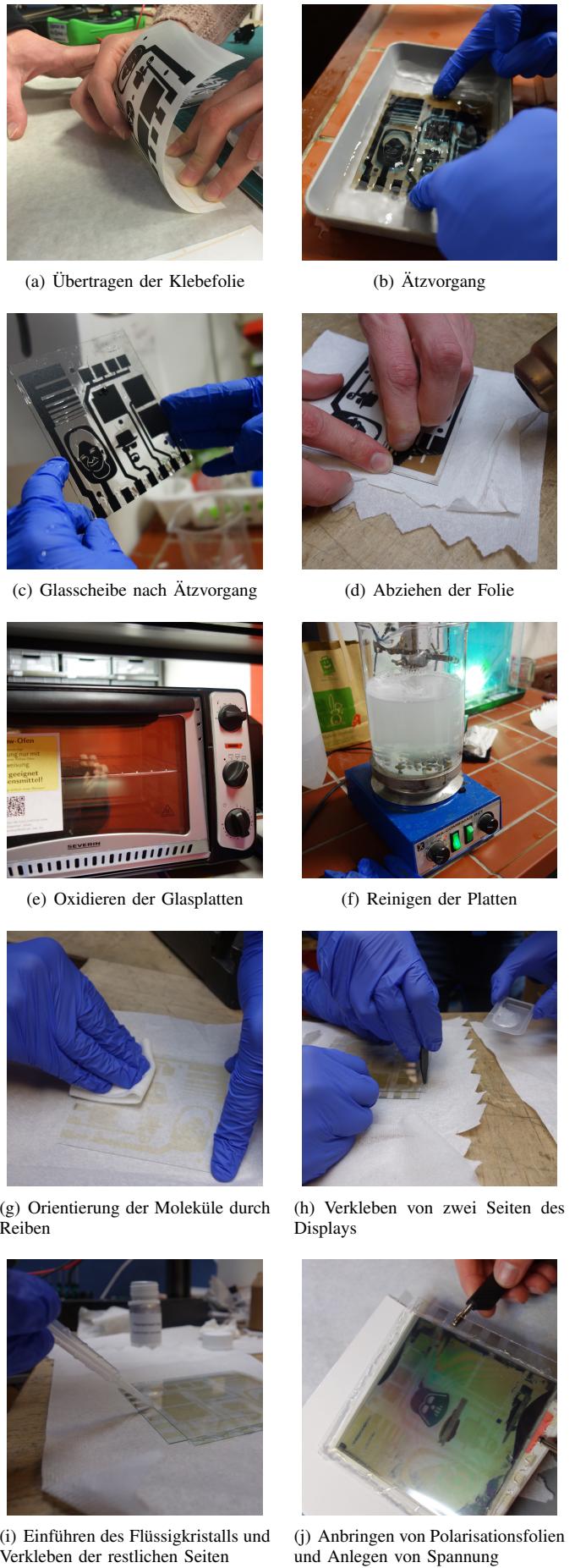


Abbildung 5. Produktionsschritte bei LCD-Herstellung

Tabelle I
STROMFLUSS BEI VERSCHIEDENEN SPANNUNGSWERTEN UND ANZEIGEN

DC Spannung [V]	großes Rechteck (22,5 × 22,5 mm)	kleine Rechtecke (10 × 10 mm)	Darth Vader	Walter White
	[μ A]	[μ A]	[μ A]	[μ A]
10	0,47	—	—	—
5	0,27	0,12	150	0,02
4	0,23	0,08	66	0,04
3	0,18	0,07	37	0,03
2	0,13	0,06	9	0,04

1) *Spannungsart:* Das LCD Display sollte mit einer Rechteck-Wechselspannung angesteuert werden. Gleichspannung würde die Flüssigkristalle auf Dauer unwiederherstellbar elektrolytisch zersetzen und den Display somit unbrauchbar machen.

2) *Spannungshöhe:* Es gibt zwei ausschlaggebende Kriterien:

- Minimalste Spannung, so dass noch ein gut sichtbares Bild erscheint
- Spannung, bei der ein möglichst geringer Strom fließt

Unter einer Rechteck-Wechselspannung von -2 V - +2 V wird die Anzeige zu schwach, um klar etwas erkennen zu können. Mit steigender Spannung nimmt nur die Schnelligkeit zu, mit der das Anzeigefeld angezeigt wird - die Intensität nimmt nicht weiter zu. Ab einer Spannung von 6V besteht die Gefahr, dass auch benachbarte Felder aufleuchten. So wurde bei unserem Testdesign (Abbildung 1) *Darth Vader* auf Platte 1 und die *kleinen Rechtecken* auf Platte 2 angeschlossen. Die *kleinen Rechtecken* wurden angezeigt.

Die Stromstärken wurden mit einem Multimeter gemessen. Im Ruhezustand hat das Messgerät bereits einen Strom von -2 μ A angezeigt. Wir bewegen uns im Mikroamperebereich weshalb die folgenden Messwerte nur als Richtwerte zu verstehen sind. Sie spiegeln aber sehr gut wieder, dass ein LCD sehr energiesparend ist.

Tabelle I zeigt die Messungen der Stromstärken in Mikroampere der einzelnen Testanzeigedesigns bei einer angelegten Gleichspannung. Dies ist für einen Dauerbetrieb nicht zu empfehlen (siehe Abschnitt III-A2), wurde aber zur Vereinfachung der Messung so gewählt. Weshalb die Anzeige von "Darth Vader" so hohe Stromstärken aufweist ist noch unklar.

3) *Frequenz:* Zur Feststellung mit welcher Frequenz das LCD angesteuert werden sollte, haben wir eine Rechteckspannung mit unterschiedlichen Frequenzen an verschiedenen Elektroden angelegt. Unter einer Frequenz von 30Hz fängt die Anzeige an zu flackern, da das menschliche Auge dort das Umschalten feststellen kann. Über einer Frequenz von 1 MHz lässt die Intensität merklich nach. Um den Mikrocontroller stromsparend benutzen zu können, sollte aber eine möglichst geringe Frequenz verwendet werden.

4) *Ansteuerungsart:* Da für eine Einzelansteuerung jedes einzelnen Symbols zu viele Mikrocontrollerausgänge benötigt werden, wird auf das Multiplexverfahren zurückgegriffen. Für die endgültige Anzeige ist eine Matrix mit 4×4 Symbolen geplant.

Zur Ansteuerung des LCD wird idealerweise eine Rechteckspannung von -3 V bis 3 V bei einer Frequenz von 50 Hz im Multiplexverfahren verwendet.

B. Spannungsversorgung

Als Spannungsversorgung könnten somit 2 Standard Batterien mit je 1,5 V verwendet werden. Diese sinken durch Entladung auf eine Mindestspannung von 0,9 V ab. Dadurch wird die Anzeige nicht bis zur vollen Entladung der Batterien halten. Je nach Wahl des Mikrocontroller kommt dieser auch nicht mit 1,8 V Spannung aus. Deshalb haben wir uns entschieden drei Batterien mit je 1,5 V einzusetzen.

C. Anbindung

Um das LCD Display mit der Ansteuerplatine zu verbinden gibt es mehrere Möglichkeiten. Da nur ein sehr geringer Strom (μ A) fließt und eine Spannung von 3 V angelegt wird ist nur eine dünne Drahtzuleitung ($0,5 \text{ mm}^2$) von Nötien. Im folgenden werden verschiedene Verfahren diskutiert mit denen eine Anbindung möglich ist.

1) *Klemmen:* Im ersten Test wurde das Display über Klemmen angesteuert. Dies hat einwandfrei funktioniert, jedoch beschädigen die Klemmen die Glasplatten und stellen somit keine gute Lösung dar.

2) *Conductive Paint:* [4, *Conductive Paint*] ist eine schwarze leitfähige Farbe die von der Firma bareconductive hergestellt wird. Die Flüssigkeit kommt aus der Tube und braucht circa 15 Minuten zum Trocknen. Jedoch ist die Festigkeit zu schwach und kann die Drähte nicht fest an den Glasplatten fixieren. Deshalb muss noch eine zusätzliche Schicht Kleber (2-Komponentenkleber, Sekundenkleber) darüber angebracht werden, um die Festigkeit zu steigern.

3) *Kupferfolie:* Kupferfolie wäre eine weitere Idee, die allerdings noch nicht getestet wurde.

D. Platine

1) *Anforderungen:* Die Platine (Schaltplan siehe Abbildung 6) dient zur Ansteuerung des LCD und soll es ermöglichen, die Uhr zu stellen und die richtige Uhrzeit anzuzeigen. Es soll die Möglichkeit geben das Display nicht nur im BCD Format zu betreiben, sondern auch in anderen Formaten, wie zum Beispiel rein binär.

2) *Wahl des Mikrocontrollers:* Der Mikrocontroller muss mindestens zwei Eingänge für zwei Taster zur Uhrzeitstellung zur Verfügung stellen. Des Weiteren werden 4 weitere Pins für den Anschluss der ISP Schnittstelle zum Programmieren des Mikrocontrollers benötigt. Je nach Anzahl der anzuseigenden Symbole und ob das Multiplexverfahren verwendet wird oder nicht, sind noch zusätzliche Ausgänge nötig. Wenn man den Mikrocontroller der Atmel-Reihe verwendet, ist des Weiteren auf die Endbezeichnung P zu achten, da der Mikrocontroller dann stromsparender ist. Außerdem muss der Versorgungsspannungsbereich in dem von der Batterie zur Verfügung gestelltem Bereich liegen. Deshalb wurde für dieses Projekt der [8, ATmega88PA] gewählt.

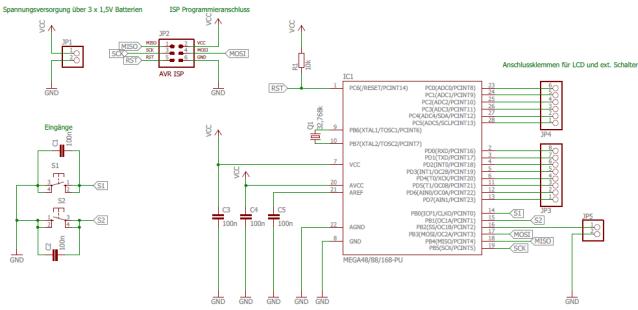


Abbildung 6. Schaltplan (erstellt mit Eagle)

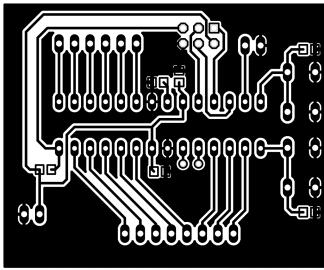


Abbildung 7. Platinenlayout (erstellt mit Eagle)

3) Wahl der Bauteile: Um die Uhrzeit so exakt wie möglich zu erhalten, wurde eine spezieller 32,768 kHz Quartz verwendet, der auf Uhrenanwendungen spezialisiert ist. Bis auf den Mikrocontroller und dem Quartz wurden nur SMD Bauteile verwendet, um die Platine zu einem späteren Zeitpunkt komplett auf SMD Bauteile umstellen zu können. Zum Entprellen der Taster wurde jeweils ein 100 nF Kondensator parallel geschlossen. Der Eingang der Spannungsversorgung (VCC, AVCC) wurde ebenfalls mit je einem 100 nF Kondensator versehen, um eine stabile Eingangsspannung zu gewährleisten. Der Pin Aref wurde über einen Kondensator mit 100 nF auf Masse gezogen. Dieser Kontakt kann dazu genutzt werden, um den Batteriestand festzustellen. Für die SMD Bauteile wurde eine Größe von 0805 gewählt.

4) Herstellung der Platine: Das Platinenlayout (Abbildung 7) wurde mit der kostenlosen Version von Eagle erstellt. Anschließend wurde die komplette Platine im FAUFabLab gefertigt. Eine Anleitung hierzu befindet sich auf der Homepage des [7, FAUFabLab], weshalb hier nicht näher darauf eingegangen wird.

IV. WEITERE SCHRITTE

Zur Projekt fertigstellung muss zum einen noch das Programm für den Mikrocontroller geschrieben werden. Eine Herausforderung wird hierbei die Ansteuerung per Multiplexverfahren. Dies ist nicht so einfach mögliche wie beim Betrieb von LEDs, da es zwischen den Spannungsrichtungen, die am LCD anliegen, keinen Unterschied gibt. Die nicht verwendeten Ausgänge müssen hierbei als Eingänge ohne Pullup oder Pull-down Widerstand geschaltete werden (floating/not connected).

Des Weiteren wird ein Gehäuse mit Hilfe des Lasercutters aus Acryl gefertigt.

V. AUSBLICK UND ERWEITERUNGEN

A. Verbesserungsmöglichkeiten

Um rechtzeitig die Batterien wechseln zu können, wäre eine Anzeige denkbar, die als Bild eine leere Batterie anzeigt. Mithilfe der Spannung der Batterie kann die Batterieladung bestimmt werden und ist ein Indikator, wann die Batterien gewechselt werden müssen.

Des Weiteren ist denkbar, die Uhr um ein Funkuhrrmodul zu erweitern, sodass die Uhrzeit nicht manuell eingestellt werden muss. Zusätzlich ist eine Weckfunktion nicht ausgeschlossen.

B. Weitere Anwendungen

Eine Möglichkeit wäre es, eine Anzeige für eine selbstgebaute Wetterstation zu designen.

Eine weitere Idee ist es, ein Spiel zu entwerfen und dafür ein angepasstes Display zu erstellen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Folgende Verfahrensschritte zur Herstellung der Flüssigkristallanzeige haben sich als die am besten geeigneten herausgestellt und werden für den weiteren Verlauf des Projekts eingesetzt:

- Elektrodenstrukturierung durch Klebefolie
- Ätzen der Struktur durch Salzsäure (5%)
- Oxidieren der Glasplatten im Ofen
- Reinigung der Glasplatten im Reinigungsbad (RBS 35) unter Verwendung von Siedesteinchen
- Kontaktierung mittels conductive paint und Zweikomponentenkleber

Die Ansteuerung des LCDs erfolgt mit einer Rechteckspannung von -3 V bis 3 V bei einer Frequenz von 50 Hz im Multiplexverfahren.

VII. DANKSAGUNG

Ein umfangreiches Projekt wie dieses ist nicht ohne Hilfe realisierbar. Deshalb bedanken wir uns bei unserem 5. Teammitglied Markus Walther und dem FAUFabLab Team für ihre großartige Unterstützung.

LITERATUR

- [1] ed g2s LCD layers.svg https://en.wikipedia.org/wiki/File:LCD_layers.svg (am 7. Februar abgerufen) CC-BY-SA
- [2] D. Holke (am 7. Februar abgerufen) *Aufbau und Funktion einer LCD Zelle* <https://www.cmb-systeme.de/technikwissen/aufbau-und-funktion-einer-lcd-zelle>
- [3] F. Oestreicher (am 7. Februar abgerufen) *Selbstbau einer funktionsfähigen Flüssigkristallanzeige* <http://fluessigkristalle.com/selbstbau.htm>
- [4] bareconductives (am 7. Februar abgerufen) *conductive paint* <http://www.bareconductive.com/shop/electric-paint-10ml/>
- [5] Conrad electronics (am 7. Februar abgerufen) *Fotosensitiver Lack positiv 20* <https://www.conrad.de/de/fotokopierlack-crc-kontakt-chemie-positiv-20-82004-aa-100-ml-813923.html>
- [6] Iconfinder (am 7. Februar abgerufen) *Darth Vader Icon* https://www.iconfinder.com/icons/216968/anakin_darth_jedi_sith_vader_icon
- [7] FAUFabLab (am 7. Februar abgerufen) *Werkzeuge des FAUFabLab* <https://fablab.fau.de/tool>
- [8] ATMEL (am 7. Februar abgerufen) *Microcontroller ATMEL ATmega88PA* <http://www.atmel.com/devices/ATMEGA88PA.aspx>