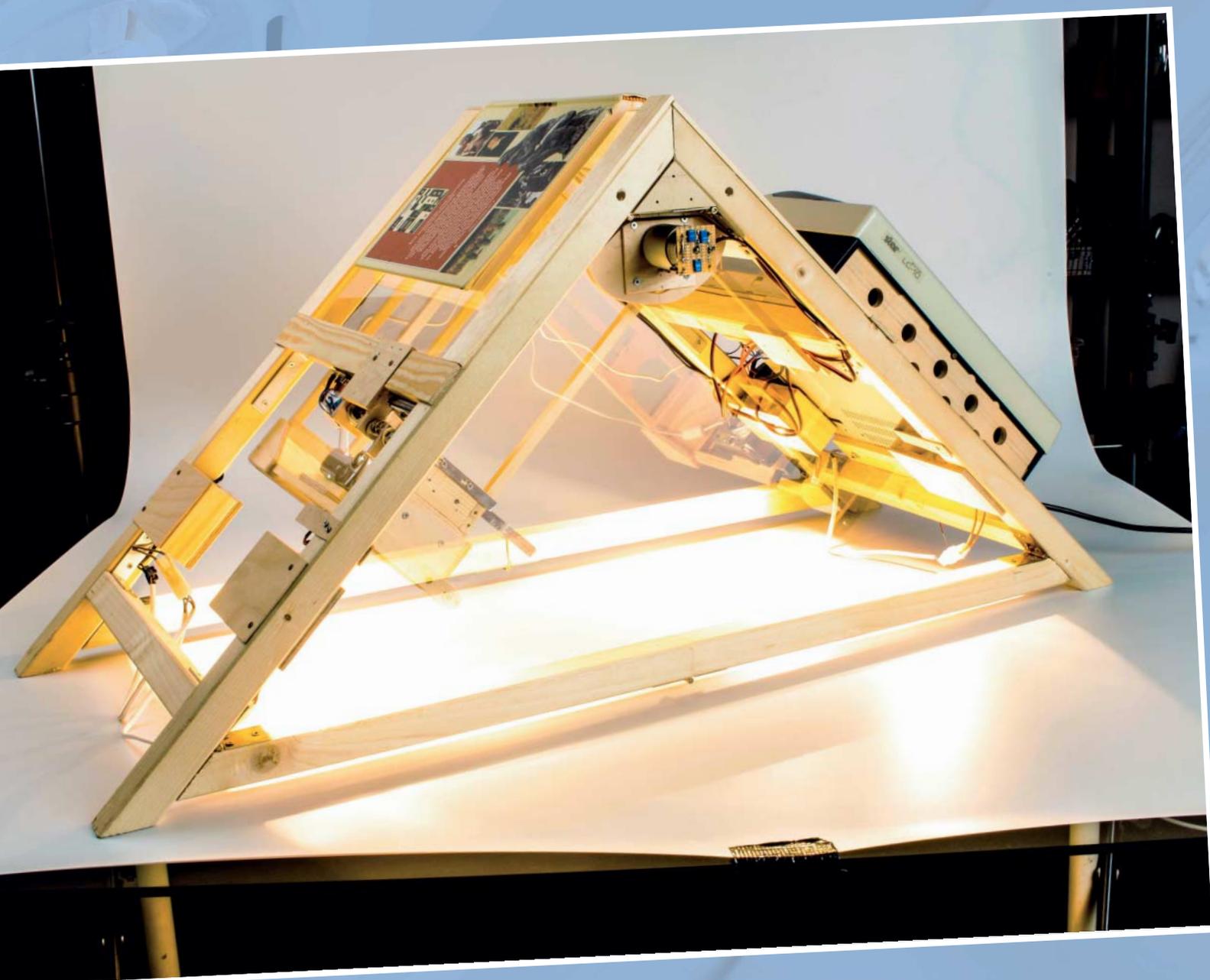


Burkhard Fleischer

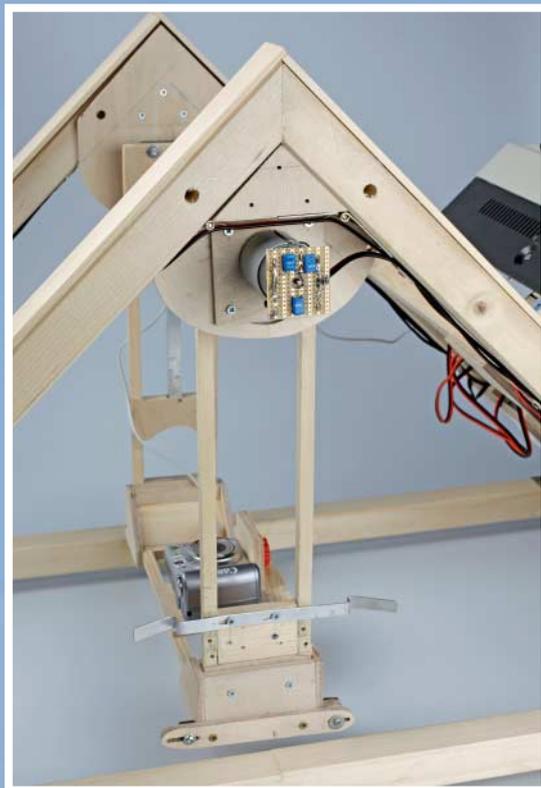
Buchscanner zum Zusammenklappen

Ein halbautomatischer Buchscanner zum Digitalisieren von Büchern und Zeitschriften war das Ziel. Folgen Sie dem Autor auf seinem Weg von der ersten Idee, über Rückschläge und Misserfolge bis zur Fertigstellung.





Für die indirekte Beleuchtung der Buchseiten sorgen aus-rangierte Deckenleuchten.



Ein Motor gibt dem Kamera-pendel Anschwing, um es auf die gegenüberliegende Seite zu schwingen.

Kurzinfo



Zeitaufwand:
4–8 Wochen



Kosten: 60 Euro
für Holzrahmen,
Glasscheiben,
„Schrott“,
Hubmagnete



Löten:
Lötarbeiten



Elektronik:
Grundkenntnisse



Fotografie:
Systemkamera

Schwierigkeitsgrad



Ich gestehe es: In meinem Pensionsalter neige ich hier und da zu nostalgischen Anwendungen. Aber nicht nach dem Muster „Früher war alles besser!“, sondern ich frage mich, welche Kindheitslektüre für mich prägend war. So las ich vor einiger Zeit wieder mit Begeisterung das Indianerbuch von Fritz Steuben „Schneller Fuß und Pfeilmädchen“, mein erstes Buch, das ich im 2. oder 3. Schuljahr verschlungen hatte. Angeregt durch dieses Buch sah ich vor meinem inneren Auge, wie ich damals wie ein Indianer durch die umliegenden Wälder meines Dorfes streifte, wie ich versuchte, Vogelstimmen zu erkennen, sie nachzumachen. Der nahe Dorfbach wurde zum reißenden Ohio.

Jäh fiel ich aus diesen Träumen, als ich auf die Dissertation von Barbara Haible „Indianer im Dienst der NS-Ideologie“ stieß. Explizit werden in dieser Arbeit die Jugendbücher von Fritz Steuben erwähnt. Bin ich bis heute einem Rattenfänger auf den Leim gegangen? Flugs besorgte ich mir die Arbeit über den auswärtigen Leihverkehr der örtlichen Bibliothek. Schnell war die Leihfrist abgelaufen, meine vergleichende Untersuchung zwischen den Jugendbüchern und der Dissertation noch lange nicht abgeschlossen. Das Werk über einen Kopierer zu jagen erschien mir zu mühsam und hätte der Buchbindung auch nicht gut getan. Da stieß ich im Internet auf ein Selbstbau-Buchscannerprojekt von Uwe Ross auf seiner Buchkammer-Seite (www.buchkammer.de). Inhaltlich interessant, aber für mich unbrauchbar, weil zu sperrig. Ich grübelte einige Zeit, bis ich auf die Idee des platzsparenden Klappscanners kam, dessen Bau ich hier vorstelle.

Der Anfang

Als ich vor 18 Monaten mit dem Bau des Buchscanners begann, hatte ich nicht gedacht, dass es so lange dauern würde. Die Entwicklung war für mich eine intensive Lernzeit. Als Geisteswissenschaftler kenne ich mich kaum in der Elektrotechnik aus. Meine diesbezüglichen Kenntnisse stammen noch aus der Commodore-Zeit aus den 80er Jahren und den Hinweisen aus der „Heimcomputer-Bastelkiste“ von Gerhard A. Karl aus dem Jahr 1986. An diese Wissensgrundlagen knüpfte ich an und erweiterte sie beim Bau ständig.

Mein Konzept des Scanners entsprang einer einfachen Grundidee: Auf zwei rechtwinklig angeordneten Glasplatten wird ein Buch aufgeschlagen gelegt. Eine auf einem Pendel montierte Kamera fotografiert die einzelnen Seiten abwechselnd. Die einzelnen

Schritte sollten weitgehend automatisch ablaufen: Das Pendel wird in die Ausgangsposition mit maximalem Ausschlag gebracht, per Knopfdruck wird es ausgelöst, ein Motor beschleunigt es, bis es die gegenüberliegende Maximalposition erreicht hat. In dieser Position wird die Beleuchtung eingeschaltet, ein Foto geschossen, die Beleuchtung ausgeschaltet und der Motorrücklauf gestartet. Hat die Kamera ihre Ausgangsposition wieder erreicht, wird die Beleuchtung wieder eingeschaltet, ein Foto der zweiten Seite geschossen und die Beleuchtung wieder gelöscht.

Nachdem die Buchseite per Hand umgeblättert worden ist, startet der gesamte Aufnahmeprozess wieder von vorne. Für die Technik hatte ich mir vorgenommen: Das Gerät sollte ohne einen PC auskommen und sich selbst steuern. Da ich keine Programmiersprache und auch keine Mikrocontroller beherrsche, sollte das Gerät durch Steckverbindungen „programmiert“ werden. Schließlich sollten nach Möglichkeit alte Bauteile benutzt werden (Upcycling).

Technisch einfacher zu bauen ist ein Buchscanner, bei dem das Buch aufgeschlagen in einem „Trog“ liegt und die Seiten von zwei Kameras abwechselnd von oben abfotografiert werden. Doch ich wollte mit nur einer Kamera auskommen. Entscheidend für meine Lösung mit dem hängenden Pendel war die Platzfrage. Ein Buchscanner ist recht raumgreifend, ich wollte aber nur gelegentlich scannen. Dann sollte er mir nicht vor den Füßen herumstehen, sondern hinter einem Schrank oder einer Tür verschwinden; er musste also zusammenklappbar sein.

Neuland

Während es im Internet viele Bauvorschlüsse nach dem Prinzip „Kamera oben – Buch unten“ gibt, habe ich mit dem umgekehrten Prinzip meines Wissens Neuland betreten. Es enthält daher noch viel Entwicklungspotenzial. Die Beschreibung des Gerätes ist keine Schritt-für-Schritt-Bauanleitung. Vielmehr ist es eine Funktionsbeschreibung und ein Baubericht zugleich, über aufgetretene Probleme und meine Lösungen. Letztere sollen hier nur inspirieren – es gibt immer alternative Wege. Hilfreich bei der Entwicklung war mir mein altes Steckbrett, auf dem ich Schaltungen ausprobieren konnte, bevor ich zum Lötkolben griff. Das hat mir viel Zeit und Material erspart.

Wenn man auf vorhandene Bauteile zurückgreift, so muss man sich an den technischen Eigenschaften dieser Teile orientieren – was die Sache zusätzlich erschwert. In meinem Fall bedeutete das, dass ich Bauteile verwendet habe, die mit unterschiedlichen Spannungen arbeiten: Die Beleuchtung lief mit 12 Volt Wechselspannung, die TTL-Elektronik erwartete 5 Volt Gleichspannung, die eingesetzten Relais waren hingegen für 12 Volt, die Hubmagnete für 24 V Gleichstrom vorgesehen.

Beim Aufbau und späteren Verlöten musste ich deshalb penibel auf die richtige Verdrahtung achten. Trotz aller Vorsicht hat das eine oder andere Bauteil durch einen stechenden Geruch oder durch eine Rauchwolke auf sich aufmerksam gemacht, bevor es seinen Geist aufgab. Ich gestehe ein, ich bin nicht der große Lötmeister. Auch sehe ich inzwischen nicht mehr so gut wie in jungen Jahren. Deshalb habe ich die gesamte Elektronik für den Buchscanner in einzelne Module aufgeteilt. So konnte ich die Module getrennt voneinander fertigstellen und testen. Hatte ich mal gravierende Fehler gemacht, musste ich nicht die gesamte Schaltung ersetzen.

Und wichtig war, dass ich die Schaltung immer wieder überprüfte. Auf den Fotos der einzelnen Module sind viele Lötstifte zu sehen, die bei dem fertigen Gerät überflüssig sind, mir während des Baus der Schaltung aber als Kontrollpunkte sehr nützlich waren.

TIPP

Die CHDK-Firmware für die Kamera schreibt man einfach auf die Speicherkarte. Die Original-Firmware bleibt dabei unangetastet. Welche Firmware die Karte beim Start laden soll, legt man mit dem Schreibschutzschalter der SD-Karte fest. Welche Kameras sich noch auf diesem Wege erweitern lassen, hat die Initiative auf ihrer Internetseite <http://chdk.wikia.com> aufgelistet. Einen Workshop dazu finden Sie auch in c't Fotografie 3/10 ab Seite 146.

Ob das Pendel auf der anderen Seite angekommen ist, signalisiert ein per Magnet betätigtes Reed-Relais.



Modularisiert

Jedes der im folgenden erklärten Module hat eine spezielle Aufgabe. Programmiert wird der Scanner durch die Verkabelung der einzelnen Module. Das einzige Modul, das von Anfang an unverändert geblieben ist, ist der Holzrahmen aus 30 mm starken, gehobelten Vierkanthölzern aus dem Baumarkt. Die Hölzer werden mit einer Gehrungssäge exakt zugeschnitten und mit Stuhlwinkeln miteinander verschraubt. Die Gelenke sind einfache Bandscharniere aus dem Baumarkt. Die eingelassenen Dreiecke geben dem gesamten Gerüst Form und Halt. Sie sind für eine höhere Stabilität aus festem Sperrholz gefertigt. Die Grundseitenlänge der Dreiecke beträgt 8 Zentimeter. Das Maß definiert die Breite des Scanners im zusammengefalteten Zustand.

Die äußeren Abmessungen des Gestells richten sich nach den zu scannenden Vorlagen. Ich habe mich am Zeitschriftenfor-

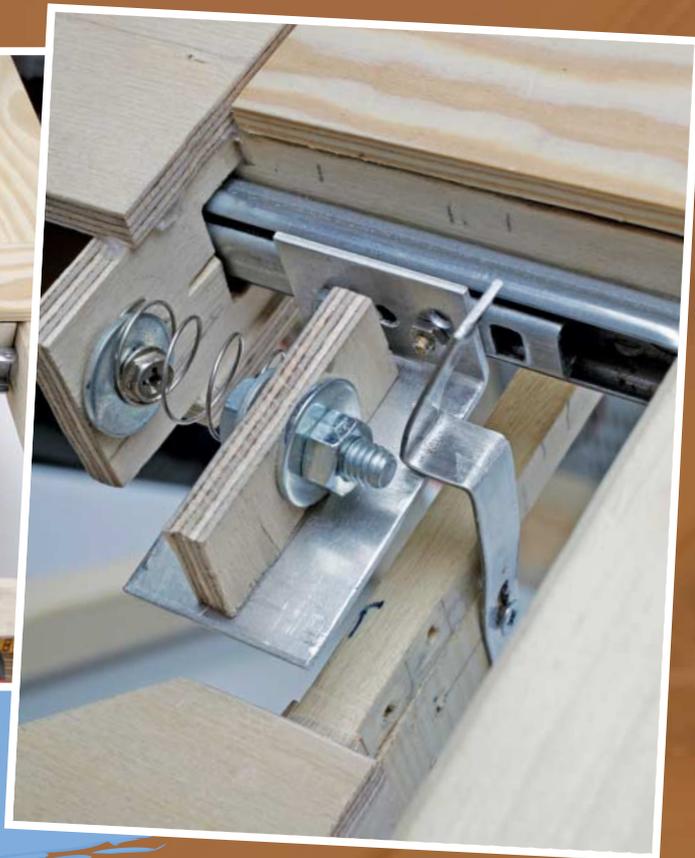
mat orientiert. Als Objektträger habe ich mir zwei fertig zugeschnittene rahmenlose Bildträger (30 × 40 Zentimeter) aus dem Baumarkt besorgt. Glasscheiben von ausgedienten Flachbettscannern könnten auch eine gute Wahl sein, aber es wäre Zufall, zwei gleichgroße Scannerscheiben zu finden. Den Zuschnitt der Gläser traute ich mir jedoch nicht zu.

Die Rahmenteile sehen wie ein H (Höhe 75, Breite 44) mit einer unteren Querlatte aus. Legt man die Glasscheibe auf den offenen (oberen) Teil des Hs, so sollte sie um etwa zwei Zentimeter überlappen. Diesen überlappenden Teil habe ich als Falz mittels eines Stechbeitels ausgearbeitet, die Scheiben in den Falz gelegt, mit passend zugeschnittenen Holzleisten abgedeckt und die Leisten mit den Vierkanthölzern verleimt. Dadurch ergibt sich ein Schlitz, in den ich die Scheiben hinein- und herauschieben kann. Die Scheiben sollten stramm sitzen, sich aber dennoch leicht auswechseln lassen.

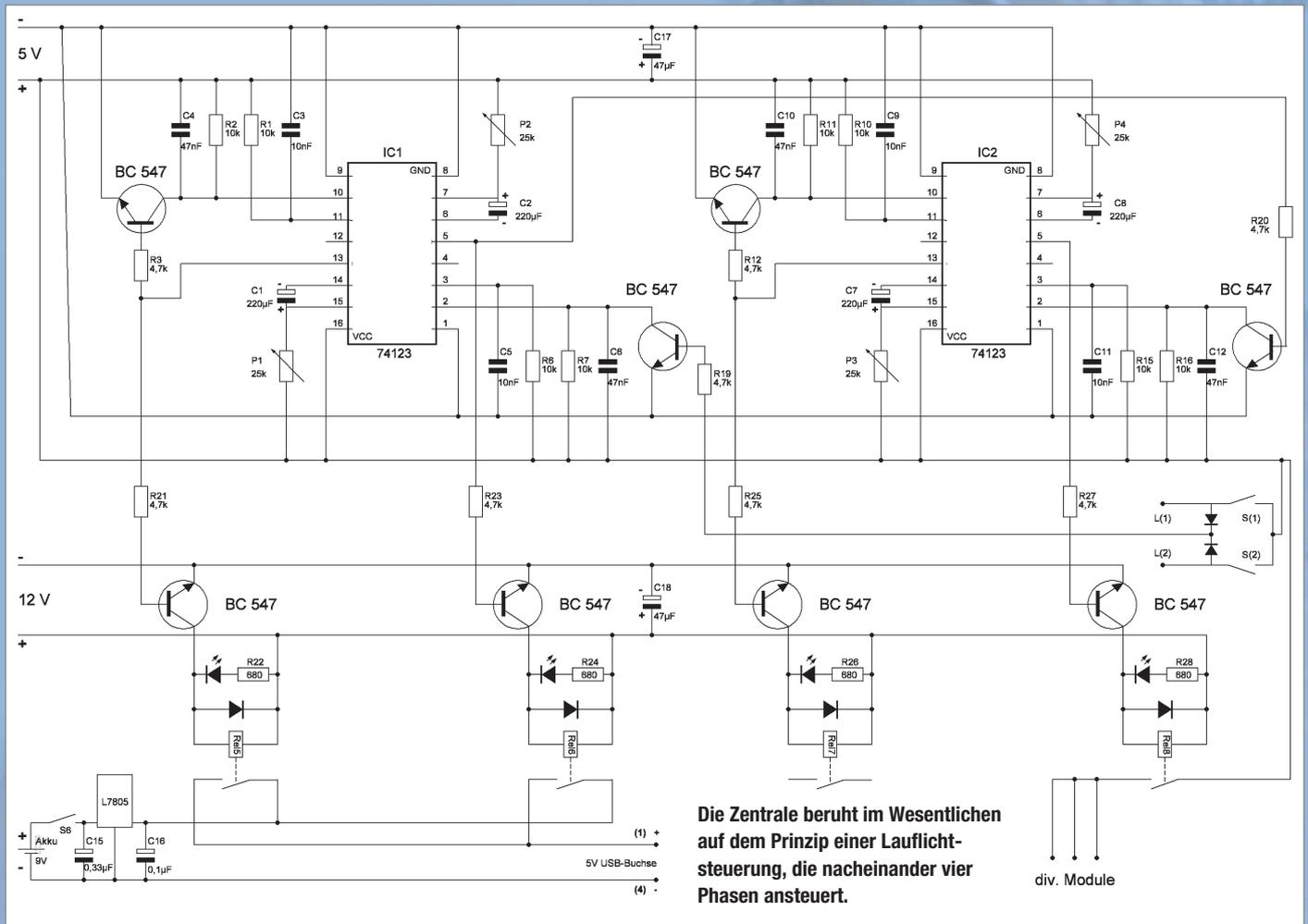
Pendel

Das Pendelmodul muss viele gegensätzliche Anforderungen erfüllen: Es muss leicht, aber auch verwindungssteif sein. Die Kamera muss richtungsstabil montierbar sein, trotzdem muss die Kameraaufnahme so variabel sein, um unvermeidliche Bauungenauigkeiten korrigieren zu können. Um den sogenannten „Fischaugeneffekt“ bei der Aufnahme zu vermeiden, sollte der Abstand zwischen Kamera und Objekt möglichst groß sein. Um den Scanner handlich zu gestalten, müsste die Distanz jedoch möglichst gering sein. Bei meinem Scanner beträgt der Abstand zwischen Kamerarückseite und Objektträger 43 Zentimeter.

Der Kamerahalter ist drehbar und mittels einer Flügelschraube fixierbar (Einstellmöglichkeit um die Hochachse). Eventuelle Ungenauigkeiten um die Querachse lassen sich in engen Grenzen durch Unterleg-



Eine Klammer hält den Metallschlitten des Pendels fest. Ein Zugmagnet zieht den Schlitten auf Wunsch zurück, sodass das Pendel auf die andere Seite schwingen kann.



hölzer unter den Kamerahalter ausgleichen. Korrekturen um die Längsachse sind durch die Kamerabefestigungsschraube vorzunehmen. Da man die Kamera des Öffner wegen Akku- oder Datenträgerwechsel ausbauen muss, achtete ich von vornherein auf einen passgenauen Sitz. Ich habe darauf Wert gelegt, dass die Kamera beim Einbau platt aufliegt und ihre Position nicht verändert, wenn sie verschraubt wird.

Die Lagerung des Pendels ist als lockere Steckverbindung ausgebildet. Antriebsseitig ist der eine Pendelarm auf die Motorachse gesteckt, auf der antriebslosen Seite dient ein ausgeschlachteter Schrittmotor als Lager: Die eine Hälfte des Schrittmotors ist mit dem Pendelarm verschraubt, die andere mit dem Rahmengestell. Die Schrittmotorachse samt Kugellager bildet die Drehachse des Pendels. Wichtig ist, dass die Pendelarme auf Spannung gebaut sind. Sie drücken nach außen auf die Lager. Soll das Pendel ausgebaut werden, werden die Pendelarme behutsam nach

innen gedrückt und dann vorsichtig der Lagerung entnommen.

Der antriebsseitige Pendelarm ist etwas aufwändiger gelagert. In der Theorie reicht die potenzielle Energie des Pendels, wenn es aus der maximalen Ausschlagsposition ausgeklinkt wird, aus, um die entgegengesetzte Position zu erreichen. In der Praxis werden die Pendelausschläge jedoch immer kürzer, bis das Pendel irgendwann stillsteht. Der Motorantrieb soll das Pendel anschubsen, damit es von seiner Ursprungsposition die entgegengesetzte Position sicher erreicht.

Motor

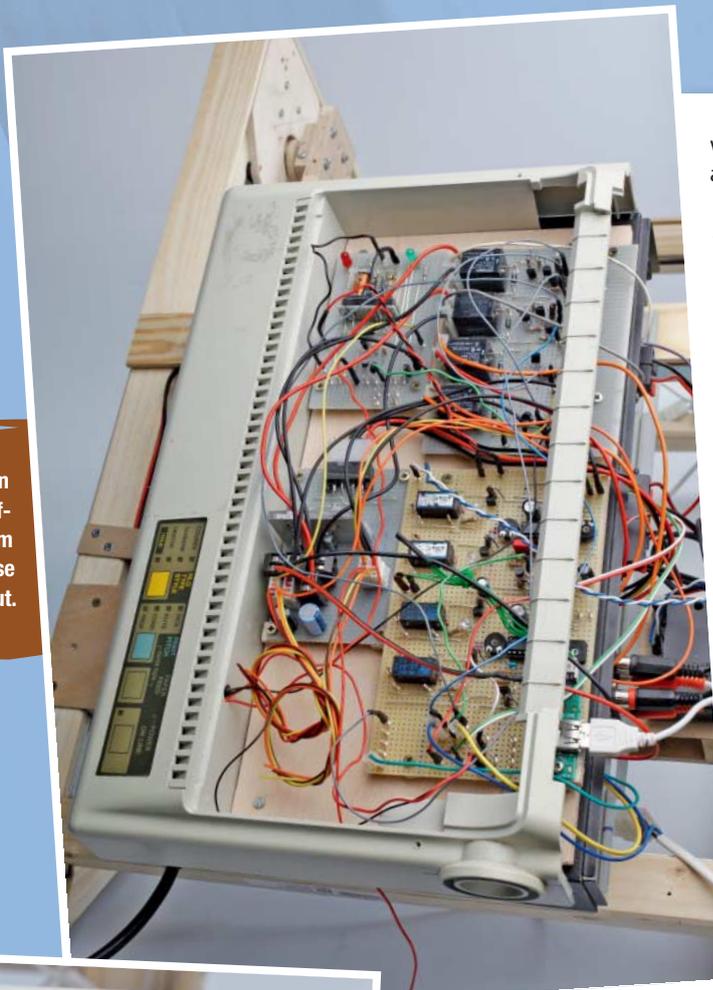
Als Antrieb habe ich einen Gleichstrommotor aus einem alten Drucker verwendet, der dort für den Papiervorschub sorgte. Das Pendel darf jedoch nicht starr mit der Motorachse verbunden sein, denn der Motor würde dann mit zu geringer Drehzahl drehen und dadurch sehr viel Strom

ziehen, ich habe bis zu 1,5 A gemessen. In der Folge würde der Motor zu heiß werden und eventuell sogar durchbrennen. Auch gering dimensionierte Netzteile machen das Spiel nicht mit und verabschieden sich mitunter für immer.

Durch Zufall fiel mir ein defekter batteriebetriebener Dosenöffner in die Finger. Aus den Zahnrädern baute ich ein zweistufiges Getriebe für meinen Buchscanner – und siehe da, der Antrieb funktioniert einwandfrei. Der Motor bringt mit 6,5 Volt (Festspannungsregler 7,5 V/2 A mit nachgeschalteter Diode, die ca 1 V „wegfrisst“) genug Schwung in die Anlage. In dem Moment, in dem das Pendel maximal ausschlägt, wird es arretiert und die Kamera ist für ein Foto bereit.

Die Kamera muss von der Bauart das Fernauslösen via USB-Anschluss unterstützen. Nicht jede Kamera ist vom Werk her dafür vorgesehen. Für eine ganze Gruppe von Canon-Kameras hat eine Open-Source-Initiative eine Firmware (Canon Hacker Development Kit, kurz CHDK genannt) ent-

Die Elektronik ist in einzelne Module aufgeteilt und in einem alten Druckergehäuse verbaut.



wickelt, die unter anderem die Fernauslösung per USB ermöglicht.

Meine Erfahrungen beziehen sich auf die Canon PowerShot A 560. Um ein Foto zu schießen, benötigt die Kamera zwei kurze Impulse hintereinander. Mittels des ersten Impulses fokussiert die Kamera das Objekt, mit dem zweiten Impuls schießt die Kamera das Foto. Die Kamera reagiert dabei auf negative Impulsflanken. Ist ein Foto geschossen, wird die Datei abgespeichert und im LC-Display für rund zwei Sekunden angezeigt. Erst danach ist die Kamera für ein weiteres Foto bereit. Diese Vorgaben der Kamera musste ich bei der Umsetzung der Ansteuer Elektronik berücksichtigen.

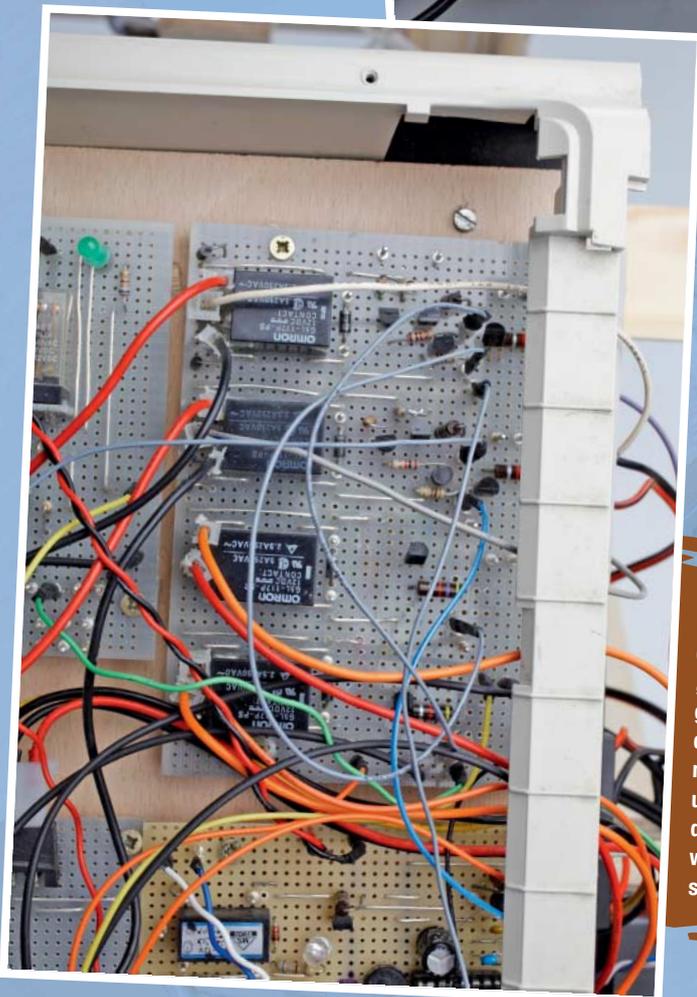
Steuerzentrale

Als Steuerung des Scanners wollte ich eine Lauflichtschaltung nutzen, die nacheinander alle erforderlichen Module aktiviert respektive Schritte durchführt. Zum Aufbau eines 4-Kanal-Lauflichts setzte ich TTL-Monoflops ein (74LS123). Auf jedem IC befinden sich je zwei Monoflops. Die Signaldauer der einzelnen Kanäle lässt sich mittels RC-Glieder getrennt voneinander einstellen. Die Lauflichtkanäle steuern jeweils Relais an, die die eigentlichen Module und Verbraucher schalten. Damit sind Elektronik und Endverbraucher galvanisch getrennt.

Die ersten beiden Kanäle liefern die für das Fokussieren und Knipsen erforderlichen Impulse per USB an die Kamera. Die Impulsdauer des dritten Kanals muss der Zeit entsprechen, die die Kamera benötigt, um wieder einsatzbereit zu sein. Der Impuls des vierten Kanals schaltet die Scheinwerfer aus, löst das Pendel aus der Verriegelung und startet den Motorantrieb.

Ein großes Problem der TTL-Schaltung war die Störanfälligkeit gegenüber Störimpulsen von induktiven Lasten wie Motor, Hubmagnet und Relais. Die Ein- und Ausgänge der Monoflops sind mit diversen Widerstands-Kondensator-Gliedern gesichert worden. Aber ein Problem ließ sich durch all diese Vorkehrungen nicht beherrschen: Nach dem Einschalten reagierte das Lauflicht mit unvorhersagbaren Impulsfolgen. Durch das

Die beiden oberen Relais sind zu bistabilen erweitert worden. Als „Vierquadrantensteller“ geschaltet, steuern sie den Lauf des Pendelmotors. Die beiden unteren Relais schalten die Hubmagnete. Sie werden durch Schalttransistoren angesteuert.



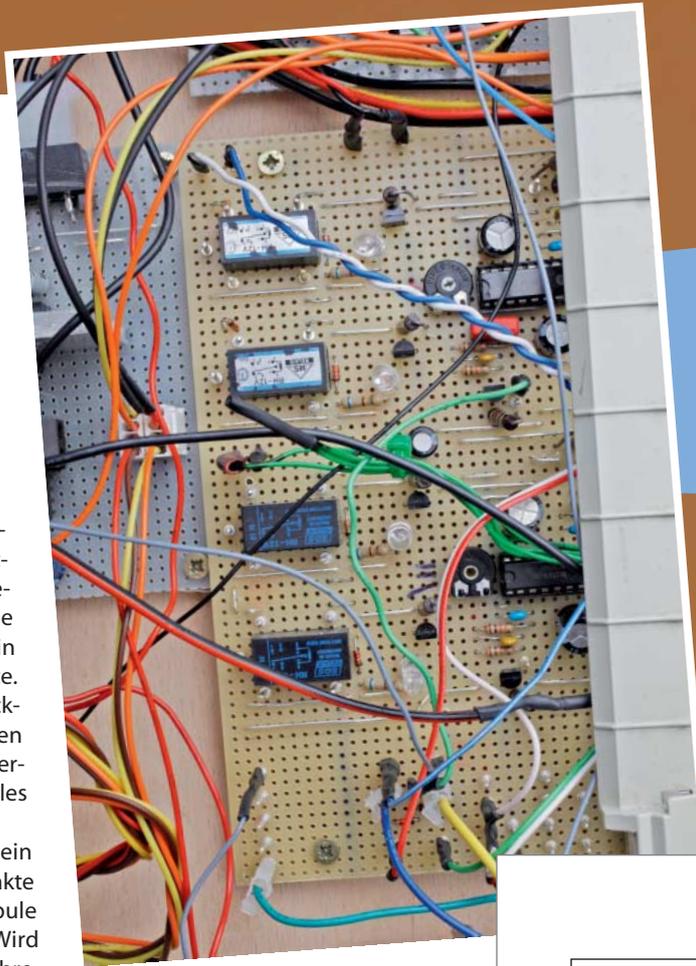
Trennen der Versorgungsspannungen der TTL-Bausteine und der Relais bekam ich das Problem in den Griff: Erst wenn die TTL-Bausteine sich nach dem Einschalten „ausgetobt“ hatten, wurden die Relais mittels des Startknopfes für das erste Foto auch in Betrieb genommen.

Startmodul

Der 12-Volt-Stromkreis für die Relais des Lauflichtmoduls wird mittels eines bistabilen Relais geschlossen. Zwar gibt es bistabile Relais im Handel, doch nicht in meiner Elektroschrott-Sammelkiste. Dafür hatte ich jedoch eine erkleckliche Sammlung an monostabilen Relais. Was lag da näher, als ein derart einfaches Relais in ein bistabiles umzurüsten?

Normalerweise funktioniert ein Relais derart, dass die Schaltkontakte sich schließen, wenn an die Spule eine Spannung angelegt wird. Wird die Spannungsversorgung unterbrochen, fällt der Kontakt ab. Bei einem bistabilen Relais reicht ein kurzer Impuls aus, die Kontakte zu schließen. Erst ein kurzer Löschimpuls öffnet diese wieder. Um ein monostabiles Relais in ein bistabiles umzurüsten, nutzte ich eine baubedingte Eigenschaft eines Relais' aus: Um es zu schließen, bedarf es einer bestimmten Anzugsspannung. Ist das Relais geschlossen, kann die Spannung reduziert werden, die Kontakte bleiben geschlossen. Man spricht von der sogenannten Haltespannung, die deutlich niedriger liegt als die Anzugsspannung. Erst wenn die Haltespannung unterschritten ist, öffnen sich die Kontakte. Anzugs- und Haltespannung sind typenbedingt und können einfach experimentell ermittelt werden. Mein bipolares Relais arbeitet nach dem Prinzip eines Spannungsteilers.

Die Gesamtspannung wird im Verhältnis der Widerstände R1 und R2 in die Teilspannungen U1 und U2 aufgeteilt. Nehmen wir an, dass unser Relais mit einer Versorgungsspannung von 12 V arbeitet, die Anzugsspannung 10 V und die Haltespannung 6 V beträgt. Das Relais sollte geöffnet sein. Hierfür sorgt der Widerstand R1. Er ist so groß, dass am Innenwiderstand des Relais R2 weniger als die Anzugsspannung anliegt, aber mehr als die Haltespannung. Wird jetzt R1 mittels

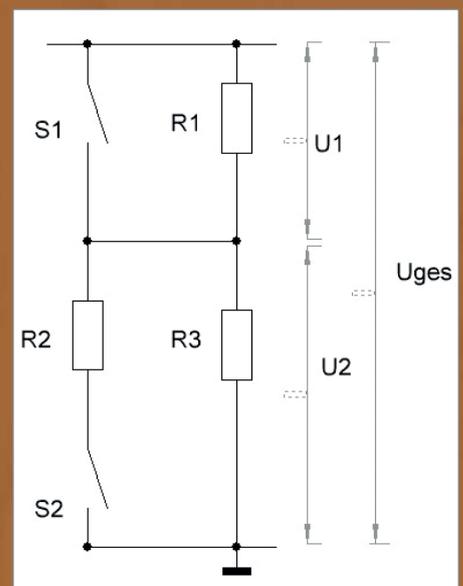
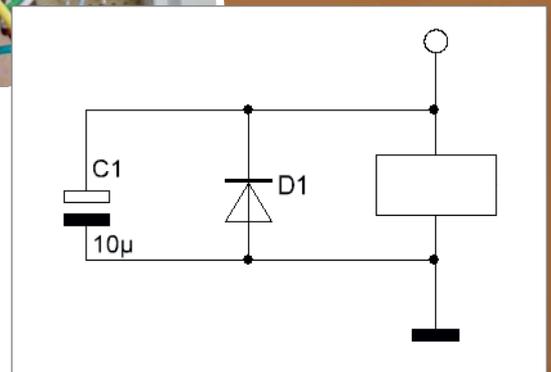


Die eigentliche Steuerung des Buchscanners beruht auf einem Lauflicht und der Ansteuerung von vier Phasen.

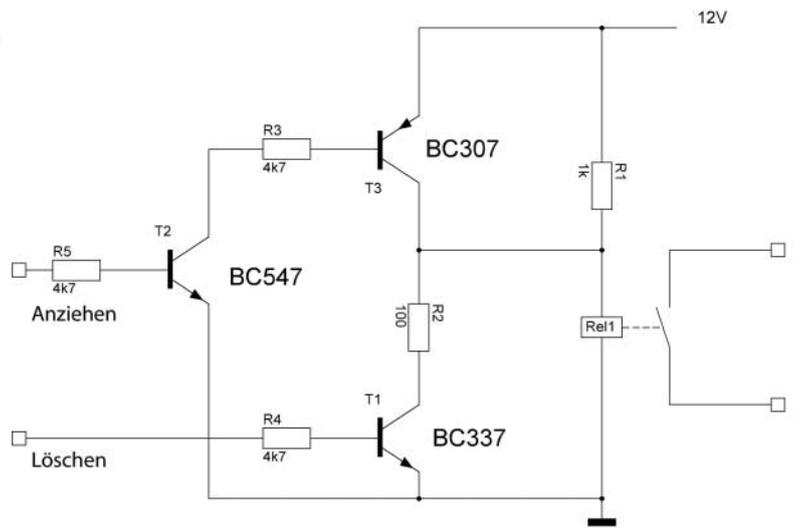
Die starken Hubmagnete bedürfen einer zusätzlichen Entstörung.

eines Schalters kurzfristig überbrückt, werden die Relaiskontakte geschlossen. Nach dem Öffnen des Schalters liegt immer noch die Haltespannung an und die Kontakte bleiben geschlossen. Sollen sie geöffnet werden, so muss R2 mittels eines Schalters überbrückt werden. Die Spannung am Relais fällt unter die Haltespannung ab und die Kontakte öffnen sich. R3 ist ein kleiner Lastwiderstand, der einen Kurzschluss verhindert, wenn aus welchem Grund auch immer die beiden Schalter gleichzeitig durchgeschaltet sind. Als elektronische Schaltung realisiert, sieht das aus wie im Bild auf Seite 71 oben.

Der Transistor BC 547 (T1) dient als Pegelwandler, damit man beide Eingänge mit High-Impulsen ansteuern kann. Bei einem Impuls an der Basis von T1 zieht das Relais an. Einfacher wäre zwar ein NPN-Transistor anstelle des PNP-Typen BC 307, aber ein Versuch schlug fehl, er schaltete nicht durch. Ein Impuls an T3 lässt das Relais wieder abfallen. Einige Relais in meinen Scanner werden nur einmal beim erstmaligen Start des Gerätes geschaltet und benötigen keinen Löschein-gang.



Da bei einem Relais die Haltespannung weit unter der Anzugsspannung liegt, kann man durch einen Spannungsteiler ein Relais bistabil machen.



Das bistabile Relais etwa für die Motorsteuerung hat einen Eingang zum Anziehen des Relais und zum Abfallen des Relais. Dafür genügen jeweils kurze Impulse.

Die Verdrahtung ermöglicht ein schnelles Auswechseln der Module.

Motorsteuerung

Die Drehrichtung eines Gleichstrommotors wird geändert, wenn seine Stromversorgung umgepolt wird. Technisch wird dies in der Regel mit einer sogenannten H-Brücke bewerkstelligt. Bei unserem Pendelantrieb kommt jedoch hinzu, dass der Motor nicht nur vor- und zurücklaufen soll, sondern zwischendurch auch stehen bleiben muss. Deshalb ist die einfache H-Brücke zu einem sogenannten Vierquadrantensteller erweitert worden. Diesen habe ich mit zwei bistabilen Relais gebaut. Kurze Impulse reichen aus, den Vor-, Rücklauf und Halt des Motors zu steuern.

Bei dieser Schaltung haben wir zwei Leerlaufpositionen. Liegen die beiden Relaiskontakte in der Ruheposition oder gleichzeitig in Arbeitsposition, so liegt am Motor keine Spannung an, er steht still. Sind der Ruhekontakt bei (Rel1) und der Arbeitskontakt bei (Rel2) geschlossen, läuft der Motor in die eine Richtung, andernfalls in die andere Richtung.

Die Kamera benötigt zum Fokussieren der Seite etwas Zeit, bevor das Foto geschossen wird. Für diese Dauer ruht das Pendel in einer Haltevorrichtung, die aus einer einfachen Federverriegelung be-

steht. Am Pendel ist ein Keil befestigt, der eine Zunge zur Seite schiebt. Wenn das Pendel genügend weit ausgeschlagen ist, schnappt es zu und das Pendel ist verriegelt. Die Zunge ist auf einem kugelgelagerten Schub verschraubt, der am Rahmengestell befestigt ist. Ist das Foto geschossen, muss das Pendel wieder freigegeben werden. Der vierte Kanal des Lauflichtmoduls sendet einen Fertig-Impuls, der einen kräftigen Hubmagneten anziehen lässt. Er zieht die Haltezunge zur Seite, sodass das Pendel wieder zurückschwingt.

Das Pendel wiegt mitsamt der Kamera rund 750 Gramm und drückt auf eine Auflagefläche von nicht einmal einem halben Quadratzentimeter. Um die Zunge zur Seite zu ziehen, bedarf es einer nicht unerheblichen Zugkraft. Der von mir verbaute Hubmagnet hat eine Nennspannung von 12 V. Die reicht jedoch nicht aus, um die Verriegelung zu öffnen. Das von mir benutzte Druckernetzteil hat zwei Spannungsausgänge, einen mit 5 V, den anderen mit 24 V. Beschalte ich den Hubmagneten mit 24 V, so entriegelt er sicher das Pendel. Für den Hubmagneten ist es nicht schädlich, ihn kurzzeitig mit einer doppelten oder gar dreifachen Spannung zu versorgen. Dies ist bei vielen Hubmagneten

auch herstellereitig so vorgesehen. Der Dauerbetrieb mit der erhöhten Spannung ist jedoch tunlichst zu vermeiden.

Die Hubmagnete sind unbedingt zu entstöbern. Die obligatorische Schutzdiode alleine hat in meinem Fall nicht ausgereicht. In der Literatur werden unterschiedliche Vorschläge unterbreitet. Ich habe einen Elko mit 100 µF (40 V) parallel zur Schutzdiode verlötet. Ohne diese Schutzmaßnahme hatte ich in der Elektronik erhebliche Fehlfunktionen!

Beleuchtungsmodul

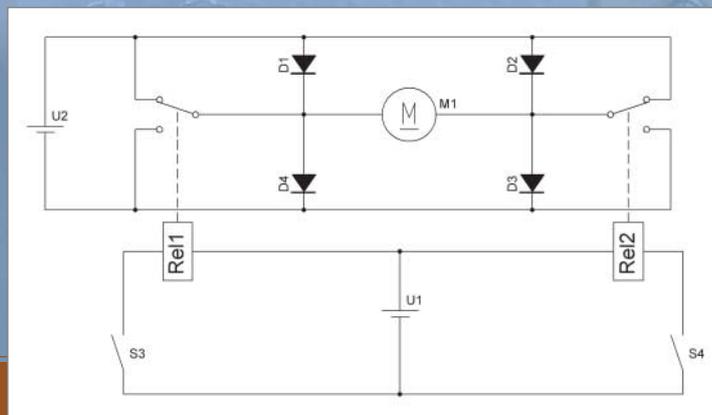
Um die abzufotografierende Buchseite ins rechte Licht zu rücken, bedarf es einer adäquaten Beleuchtung. In der Nähe der Auflagepunkte des Scannergestells sind vier Halogenscheinwerfer montiert, die nach unten gerichtet sind. Dadurch trifft auf die Buchvorlage nur indirektes Licht. Eine direkte Ausleuchtung würde zu unerwünschten Spiegelungen führen, die Aufnahme wäre unbrauchbar. Aber auch die gleichzeitige Ausleuchtung mit allen vier Scheinwerfern führt nicht zu einer gleichmäßigen Ausleuchtung. Experimentell habe ich herausgefunden, dass die besten Ergebnisse dann erzielt wer-

den, wenn die Lampen alternierend paarweise brennen.

Die Beleuchtungselektronik hat die Aufgabe, je nach Pendelposition je zwei Scheinwerfer ein- oder auszuschalten. Ein zwar nicht zwingender, aber energetisch wünschenswerter Nebenaspekt ist es, die Lampen nur während der Aufnahme leuchten zu lassen. Die richtige Belichtung ist jedoch nicht nur von der Scannertechnik abhängig. Auch mit den Kameraeinstellungen lässt sich viel machen. Ich habe an der Kamera die Einstellungen „Innenaufnahme“ und als Belichtungszeit 1/100 Sekunde gewählt.

Die Beleuchtung wird mit 12 V Wechselspannung versorgt. Jede Halogenlampe verbraucht 20 Watt, bei zweien gleichzeitig sind das 40 Watt. Das bedeutet eine Stromstärke von 3,33 A! Die Relais, mit denen die Beleuchtungskörper angesteuert werden, müssen für diese Belastungen ausgelegt sein. Ich habe auf zwei Relais zurückgegriffen, die zu einer defekten Steuerplatine meiner alten Heizung gehörten. Auch diese beiden Relais habe ich für den bistabilen Betrieb umgerüstet. LED-Leuchten dürften weniger Strom ziehen, das habe ich jedoch nicht ausprobiert. Die Beleuchtung startet auf der jeweiligen Seite durch Schließen eines Reedkontakts, wenn das Pendel seinen Maximalauschlag erreicht. Die Beleuchtung schaltet durch einen Löschimpuls des vierten Kanals des Lauflichtmoduls wieder ab.

Auf dem Foto der Seite sind noch der Hintergrund und Reste der gegenüberliegenden Seite zu sehen. Mit Tools kann man diese einfach und automatisiert entfernen.



Eine H-Brücke aus Umschaltern bildet den Vierquadrantensteller für den Pendelmotor.

Der Scannvorgang

1. Takt: Der Scanner ist aufgeklappt, die Stromversorgung eingeschaltet und die Buchvorlage mittig auf die Glasscheiben gelegt. Das Pendel ist in der Ausgangsverriegelung eingerastet.

2. Takt: Der Startknopf wird gedrückt. Das Startmodul schließt den Stromkreis für die Lauflichtrelais. Der 1. Haltemagnet wird angesteuert und gibt das Pendel frei. Der Motorvorlauf wird gestartet.

3. Takt: Das Pendel mitsamt Festmagnet schwingt über den Rahmenschalter S (1) (Reedkontakt). Der Motorvorlauf wird ge-

stoppt, die Beleuchtung (über L(1) – siehe Schaltplan) angeschaltet, das Lauflicht gestartet (dadurch wird die Kamera ausgelöst). Ein Foto der ersten Buchseite ist im Kasten.

4. Takt: Impuls des letzten Lauflichtrelais schaltet die Beleuchtung aus, der 2. Haltemagnet wird angesteuert und gibt das Pendel frei. Der Motorrücklauf wird gestartet.

5. Takt: Das Pendel mitsamt Festmagnet schwingt über den Rahmenschalter S (2) (Reedkontakt). Der Motorrücklauf wird

gestoppt, die Beleuchtung (über L(2) – siehe Schaltplan) angeschaltet, das Lauflicht gestartet (dadurch wird die Kamera ausgelöst). Ein Foto der zweiten Buchseite ist im Kasten.

6. Takt: Impuls des letzten Lauflichtrelais schaltet die Beleuchtung aus, der 1. Haltemagnet wird angesteuert (funktionslos).

Die Buchvorlage wird manuell weitergeblättert. Wenn ich den Startknopf drücke, beginnt der gesamte Ablauf von vorne.

Stromversorgungen

Die Halogenscheinwerfer waren ursprünglich als Strahler für eine abgehängte Decke gedacht. Das dazugehörige 12-V-Netzteil ist dementsprechend flach. Von der übrigen Schaltung ist der Wechselstromkreis durch entsprechend dimensionierte Lastrelais getrennt.

Die Kamera ist mir heilig. Um sie zu schützen, habe ich ihr einen eigenen Stromkreis geschenkt. Die USB-Spannungsversorgung erfolgt durch einen 9-Volt-Blockakku, dessen Spannung ich auf 5 V herunterregelt habe. Dieser Stromkreis wird mittels zweier Relais gesteuert (erster und zweiter Kanal des Lauflichtes). Um die Selbstentladung des Akkus zu reduzieren, ist in die Plus-Leitung zwischen Spannungsregler und Batteriepol ein Schalter montiert.

Ein erstes Netzteil aus einem analogen Satellitenreceiver stellte alle weiteren er-

forderlichen Spannungswerte bereit. Ich hatte jedoch den Leistungsbedarf des Pendelmotors und der Hubmagneten einfach unterschätzt! Deshalb rauchte das Netzteil beim ersten ernsthaften Test des Scanners ab – es lieferte nur eine Gesamtleistung von 35 Watt. Einem zweiten Netzteil aus einem Nadeldrucker (55 Watt) erging es nicht anders. Jetzt ist ein Netzteil aus einem Star NL 24 (135 Watt maximale Leistung nach Herstellerangabe) eingebaut – und alles funktioniert prima. Das Netzteil hat zwei Ausgänge (24 V und 5 V). Da für den Betrieb der Anlage auch 12 V benötigt wird, habe ich mittels eines Festspannungsreglers (12 V, 2 A) einen weiteren Ausgang geschaffen.

Nachbearbeitung

Ideal wäre es, wenn der Buchscanner präzise Seite für Seite der Vorlage ablichtet und sonst nichts. In der Praxis wird neben der Buchseite auch noch dessen Umgebung mit abgebildet. Ferner können die Seiten etwas aus dem Lot geraten sein, manchmal sind sie auch trapezförmig. Lassen sich manche Fehler durch eine präzise Justierung der Kamera vermeiden oder zumindest minimieren, so sind andere systembedingt. So ist etwa der Fischaugeneffekt der kurzen Distanz zwischen Vorlage und Kamera geschuldet. Viele Ungenauigkeiten der Aufnahme lassen sich nachträglich mit einer entsprechenden Software in Grenzen ausbügeln. Die Open-Source-Software „ScanTailor“ ist ein Spezialist für diese Aufgabe. So lassen sich erwünschte Teile des Dokumentes von unerwünschten separieren, die Seiten ausrichten und Zeilen begradigen. Die Verarbeitung vieler Seiten kann man automatisieren, um einen Stapel von Vorlagen in einem Rutsch zu korrigieren.

Ausblick

Die von mir vorgeschlagene Geräteversion lässt sich in vielen Bereichen optimieren. So ist bei der Geräusentwicklung noch einiges zu tun – die Hubmagnete sind sehr laut. Der Optik wegen ließe sich die Elektronik zwischen die Rahmenholme einbauen, statt sie oben drauf zu montieren. Auch in der Elektronik gibt es viele Alternativen. Legt man sich bei der Wahl der Bauteile keine Fesseln an, ließe sich die gesamte Elektronik durch einen modernen Einplatinencomputer ersetzen. Vielleicht ließe sich die Pendelmechanik insgesamt durch eine rein optische Lösung ersetzen. Ein zufälliger Sitznachbar auf einem Flug von Hannover nach Barcelona, mit dem ich über mein Buchscannerprojekt ins Gespräch kam, meinte, eine mechanische Lösung sei auf Dauer doch recht störanfällig. Er schlug vor, die Kamera fest zu montieren und ihr Prismen zu verpassen, die quasi „um die Ecke schauen können“. Es müsste dann nur noch das Prisma von der einen auf die andere Buchseite gedreht werden.

Für mich persönlich stellte das Buchscannerprojekt eine Herausforderung ohne gleichen dar. Es zeigte mir auf, bis zu welchem Punkt jemand, der nicht mehr als die einfachsten elektrotechnischen Grundprinzipien beherrscht, es bringen kann, wenn er den Ehrgeiz hat, ein sich gestelltes Ziel unbedingt zu verwirklichen. Die weite Welt des Netzes stellt eine Fülle von Informationen bereit. Auch intensive persönliche Diskussionen mit Freunden und Experten sind von unschätzbarem Wert gewesen. Gedankt sei auch den vielen Freunden und Bekannten, die mir ihre Altgeräte zum Ausschlichten überließen. (dab)



Links und Foren
www.ct.de/ch1303064



Zusammengeklappt passt
der Buchscanner in eine
Ecke des Zimmers.