

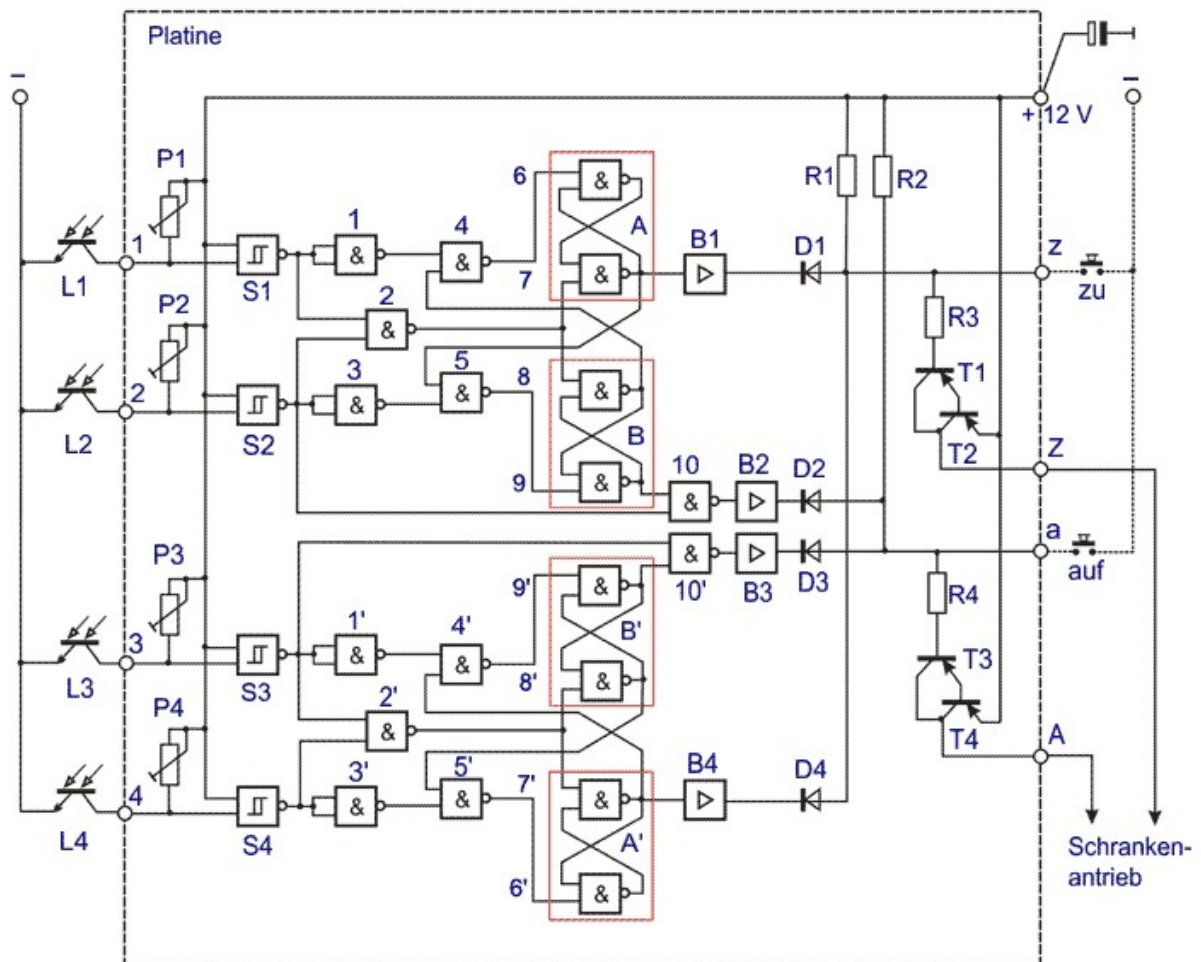
Automatische Schrankensteuerung

Die Vorteile der im folgenden beschriebenen Lichtschranken-Steuerung - verglichen mit den üblicherweise verwendeten Gleiskontaktsteuerungen - werden in der folgenden Aufstellung deutlich:

- unabhängig von der Länge der Züge
- unabhängig von der Fahrtrichtung der Züge
- unabhängig von der Zuggeschwindigkeit
- egal, ob Lok oder Steuerwagen am Kopf des Zuges
- keine Änderungen an Loks oder Wagen nötig
- für ein- oder mehrgleisige Überwege geeignet

Zwei Lichtschranken auf beiden Seiten des Übergangs identifizieren die Fahrtrichtung des Zuges und veranlassen das Schließen und Öffnen der Schranken. Die Schranken werden vor dem Zugkopf rechtzeitig geschlossen und erst wieder geöffnet, wenn der letzte Wagen (oder die schiebende Lok) den Übergang passiert hat. Die Züge müssen nicht besonders ausgestattet werden. Die Automatik funktioniert bei ein- oder mehrgleisigen Übergängen, selbst bei vielgleisigen Bahnhofs Ein- oder Ausfahrtfeldern.

Die Schaltung



Funktionsbeschreibung

Angenommen, es werde zunächst Fototransistor L1 abgedunkelt. Dabei geht er vom Leitzustand in den Sperrzustand über, am Eingang 1 liegt nun ein positives Potential. Nach Impulsformung mit dem SCHMITT-Trigger S1 gelangt das invertierte Signal zum NAND-Gatter 1 und wird erneut invertiert. Der wieder positive Impuls trifft nun auf das Gatter 4. Ist das Flip-Flop B (gebildet aus den NAND-Gattern 8 und 9) im Ruhezustand, ist auch der andere Eingang des Gatters 4 auf H-Pegel und Flip-Flop A (Gatter 6 und 7) wird mit einer negativen Impulsflanke gesetzt. Das invertierte Signal wird durch den Treiber B1 stromverstärkt und öffnet das Transistorenpaar T1/T2, auf Ausgang "Z" (Schließen) erscheint eine positive Spannung, die so lange erhalten bleibt, bis L1 und L2 wieder beleuchtet werden (dann hat der Zug beide Lichtschranken vor dem Übergang passiert); das Gatter 2 besorgt nun das Zurücksetzen des Flip-Flops A.

Beim Passieren der Lichtschranke 3 wird ganz analog Flip-Flop B' gesetzt. Dieses Signal bewirkt nun nicht ein Durchschalten, der für den "Öffnen"-Impuls zuständigen Transistoren T3/T4, sondern erst, wenn L3 wieder beleuchtet wird, gelangt der Impuls durch die Wirkung von Gatter 10 über den Treiber B3 und die Transistoren T3/T4 an den Ausgang "A" (die Schranke öffnet wieder). Werden nun L3 und L4 wieder beleuchtet, wird auch das Flip-Flop B' wieder zurückgesetzt und der ursprüngliche Zustand ist wieder hergestellt.

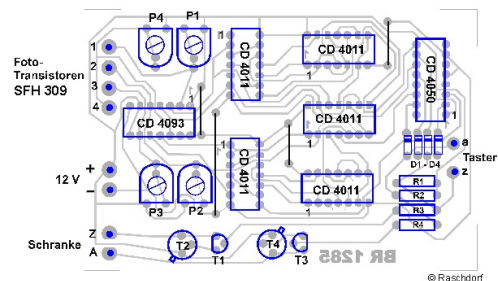
Bei entgegengesetzter Fahrtrichtung wird ganz entsprechend durch Abdunkeln von L4 und L3 zuerst Flip-Flop A' gesetzt (die Schranken schließen). Hat die Zugspitze den Übergang passiert, wird zunächst L2 abgedunkelt (Flip-Flop B wird gesetzt). Wenn der letzte Wagen an L2 vorbei ist, erscheint ein Impuls an "A" und die Schranken öffnen.

Verwendete Bauteile

Halbleiter	SCHMITT-Trigger S1 - S4 NAND-Gatter 1 - 10 , 1' - 10' BUFFER B1 - B4 T1 , T3 T2 , T4 4 Fototransistoren L1 - L4 Dioden D1 - D4 4 IR-Dioden	CD 4093 5 x CD 4011 CD 4050 BC 559 C oder andere pnp-Transistoren BC 160 oder andere pnp-Kleinleistungs-Transistoren z.B. SFH 309 oder SFH 309 FA Standard Si-Dioden, z.B. 1N4148 z.B. SFH 409 oder andere IR-Dioden mit einer Wellenlänge von $\lambda = 900 - 950 \text{ nm}$, z.B. SFH4546
Widerstände	P1 - P4 R1 , R2 R3 , R4 Vorwiderstand für IR-Dioden bei Reihenschaltung von 4 Dioden	Trimmer 50 kOhm 100 kOhm 22 kOhm Wert abhängig von Diodentyp und Versorgungs-Spannung (bei 12 - 15 V ca.68 - 220 Ohm, Stromstärke zwischen 30 und 90 mA)

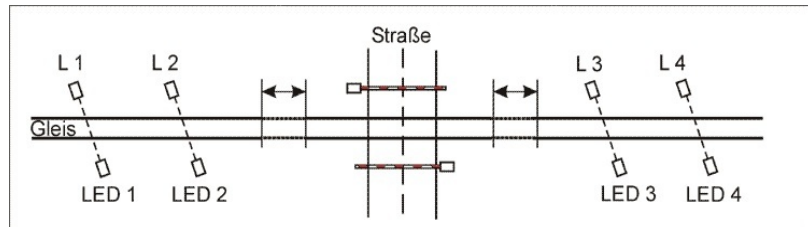
Bauhinweise

Für den kompakten Aufbau der Schaltung wurde eine einseitige Platine mit den Maßen 7 x 10 cm entwickelt. Die Platine kann über www.bernd-raschdorf.de/Shop bestellt werden. Die Versorgungsspannung sollte gut geglättet sein, da die Logik empfindlich auf Fehlimpulse reagiert. Gut geeignet ist ein eigenes kleines Netzteil mit einem Festspannungs-IC (z.B. $\mu\text{A}78\text{S}12$), das eine stabile Ausgangsspannung von 12 V bei 2 A Laststrom liefert. Wenn der Magnetartikel-Anschluss des Modellbahntrafos (Wechselspannung ca. 16 V) verwendet werden soll, so ist ein Brückengleichrichter B40C1500 zwischen zu schalten und ein Siebelko von 1000 $\mu\text{F}/40\text{V}$ am Ausgang des Spannungsreglers einzusetzen. An den Anschlüssen a und z der Platine können Taster angeschlossen werden, über die die Schranken auch manuell zu bedienen sind. Die vier Trimpotis P1 - P4 dienen zum Einjustieren der Empfindlichkeit der Lichtschranken, sie sollten etwa auf den halben Wert eingestellt werden (Widerstandswert nicht auf Null-Anschlag stellen!). Es empfiehlt sich, für die ICs Fassungen einzulöten, bei einem Defekt ist so ein IC schnell ausgetauscht und muss nicht mühsam ausgelötet werden.



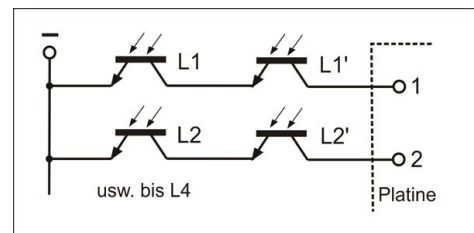
Zu den Lichtschranken:

Statt der Fototransistoren sind prinzipiell auch Fotowiderstände (LDR) verwendbar, diese jedoch haben zwei Nachteile: Erstens sind sie größer als die nur ca. 3 mm großen Fototransistoren. Zweitens sprechen die LDR auf sichtbares Licht an, das bedingt die Verwendung von Glühlämpchen, die man leuchten sieht und die Wärme entwickeln, beides von Nachteil, wenn man die Lichtschranken auf der Anlage "wegtarnen" will. Verwendet man Fototransistoren, kann man Infrarot-Dioden als "Lichtquellen" verwenden, die ebenfalls sehr klein sind und weder Wärme noch sichtbares Licht erzeugen.



Die vier Lichtschranken sind paarweise (L1/L2 und L3/L4) zu beiden Seiten des Übergangs anzuordnen, die Lichtwege der Lichtschranken sollten schräg zum Gleis verlaufen, da dann kein Licht durch die Wagenzwischenräume fallen und die Logik mit Fehlinformationen versorgen kann. Die Höhe von "Sender" und "Empfänger" der Lichtschranken liegt optimal oberhalb der Radsätze und unterhalb eventueller Wagenfenster, das ist bei H0 bei ca. 20 mm über dem Gleis. Die Abstände der Lichtschranken vom Bahnübergang muss so groß sein, dass die Schranken vollständig geschlossen sind, wenn der Zugkopf den Übergang erreicht. Die Abstände der Paare L1-L2 und L3-L4 sollten nur ein paar Zentimeter betragen. Die Paare müssen optisch entkoppelt sein, das heißt, dass z.B. die IR-LED 1 nur den Fototransistor L1 und nicht gleichzeitig L2 beleuchten sollte.

Wenn der Überweg viele Gleise überbrückt, die in mehreren Gleisgruppen liegen, so kann es sinnvoll sein, die Lichtschranken mehrfach vorzusehen, in jeder Gleisgruppe separat. Sollen diese Lichtschranken gemeinsam auf eine Schrankensteuerung wirken, so können sie jeweils durch eine ODER-Logik verknüpft werden. Das heißt, dass die einzelnen Fototransistoren der Lichtschranke in Reihe geschaltet werden (da der Fototransistor bei Abdunklung sperrt). Die nebenstehende Skizze zeigt die Schaltung, L1 bis L4 gehören dabei zu einer Gleisgruppe, L1' bis L4' zu einer anderen.



Die Infrarot-LEDs (im Schaltplan nicht eingezeichnet) werden am besten in Reihe über einen Vorwiderstand an die Gleichstromquelle angeschlossen (siehe Anschluss-Schema weiter unten). Bei Parallelschaltung der LEDs muss jeder Diode ein Vorwiderstand zugeordnet werden. Der Vorwiderstand ist so zu wählen, dass durch die LEDs ein Strom der Stärke 30 - 90 mA fließt. Der Widerstandswert berechnet sich nach der Formel

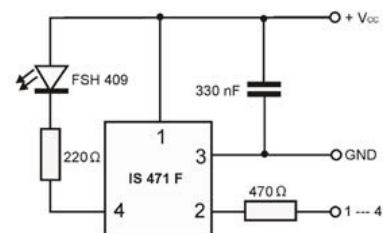
$$R = (U_v - U_d) / I_d \quad \text{mit } U_v = \text{Versorgungsspannung, } U_d = \text{Diodenspannung (ca. 1,5 V)} \\ \text{und } I_d = \text{Stromstärke (0,030 A - 0,090 A)}$$

Bei Verwendung der Typen SFH 409 oder SFH 4346 in Reihenschaltung bei 12 V Betriebsspannung kann der Vorwiderstand Werte zwischen 68 und 220 Ohm haben. Je kleiner der Wert, desto mehr Leistung gibt die LED ab.

Sollte die Empfindlichkeit der Lichtschranken nicht ausreichen, um größere Abstände zu überbrücken, kann auf den Lichtschranken-Baustein IS471F zurückgegriffen werden:

Für eine Lichtschrankensteuerung sind vier solcher Schaltungen an die Anschlüsse 1 ---- 4 der Lichtschrankenplatine anzuschließen. Der Anschluss +Vcc wird mit dem Pin +12 V, der Anschluss GND mit dem Pin - 12 V verbunden.

Die IR-Diode FSH409 (oder eine andere IR-Diode mit einer Wellenlänge von $\lambda=900-950$ nm, z.B. SFH4546) stellt den Sender dar, der Baustein IS471F den Empfänger. Bei unterbrochenem Lichtstrahl hat der Ausgang (Pin2) nahezu +Vcc-Potential, bei Belichtung hat er GND-Potential.

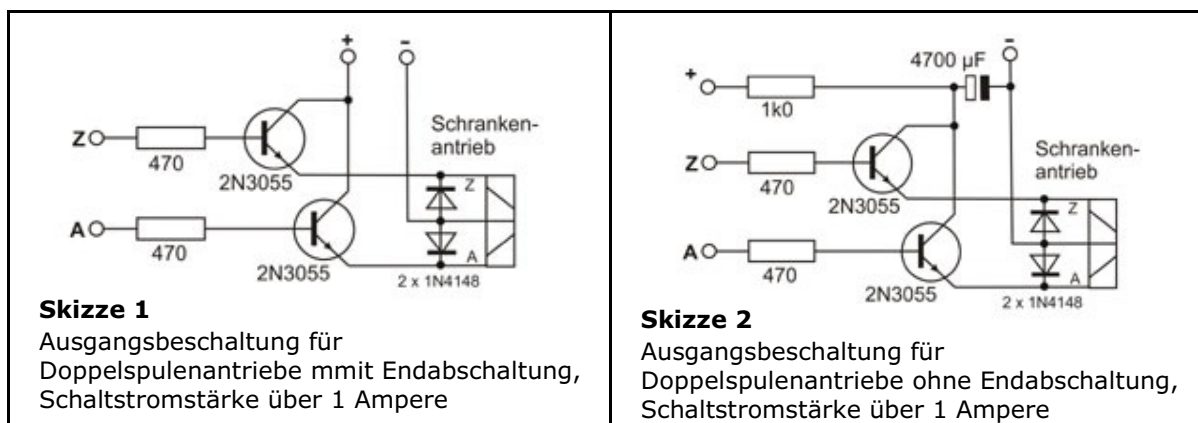


Zum Anschluss der Schaltung an die Schranken:

Motorische Schranken (z.B. Brawa) können direkt angeschlossen werden, die Länge der Impulse reicht in jedem Falle aus, um den Antrieb zu starten. Brawa-Schranken-Antriebe werden an die Ausgänge Z (mit dem grünen Kabel) und A (mit dem gelben Kabel) angeschlossen.

Magnetgetriebene Schranken mit Endabschaltung können dann direkt angeschlossen werden, wenn der Spulenstrom unter 1 Ampere bleibt (Mittelanschluss der Doppelspule an Minus). Sollte der benötigte Strom 1 A übersteigen, so können entweder zwei Relais zwischengeschaltet werden, oder (was billiger ist) zwei Leistungstristoren gemäß Skizze 1. Magnetantriebe ohne Endabschaltung schließlich müssen gegen Überlastung geschützt werden, da die Impulse bei langsam fahrenden Zügen (oder gar haltenden!) lang sein können. Hier ist eine Schaltung gemäß Skizze 2 vorzunehmen.

Wichtig ist noch, dass beim direkten Anschluss von Relais oder Doppelspulenantrieben die Endtransistoren der Steuerschaltung gegen induktive Spannungsspitzen geschützt werden müssen, indem parallel zu den Spulen Dioden in Sperrrichtung geschaltet werden. Passen die für den Antrieb benötigte Spannung und die Versorgungsspannung der Elektronik nicht zusammen (zum Beispiel bei Wechselstromantrieben), so können auch Relais zwischengeschaltet werden (siehe Anschlusskizze unten).



Falls es Probleme geben sollte ...

Liegt ein Fehler bei den Lichtschranken oder bei der Elektronik vor? Kreisen Sie das Problem erst einmal ein: Ersetzen Sie die Fototransistoren an den Eingängen 1 ... 4 durch Schalter oder Taster mit Ruhekontakt. Simulieren Sie eine Zugfahrt, indem Sie die Schalter in der richtigen Reihenfolge bedienen:

- Erst öffnen Sie Schalter 1, dann zusätzlich Schalter 2. Der Ausgang Z (schließen) der Schaltung muss jetzt auf H-Potential (positive Spannung) wechseln.
- Jetzt schließen Sie zunächst Schalter 1, dann 2 wieder (der Zug hat die Eingangs-Lichtschranken passiert).
- Nun öffnen Sie Schalter 3, dann zusätzlich Schalter 4. Der Ausgang A (öffnen) bleibt auf L-Potential, die Logik wird zum Öffnen der Schranken vorbereitet.
- Zum Schluss werden Schalter 3 und 4 wieder geschlossen, der Zug hat alle Lichtschranken passiert, der Ausgang A geht auf H-Potential, die Schranken öffnen und die Schaltung ist wieder im Ruhezustand.

Funktioniert jetzt die Steuerung? Dann liegt der Fehler an den Lichtschranken, meistens an ungenauen Einstellungen der Lichtwege oder zu geringer Lichtstärke der LEDs. Alle Fototransistoren müssen bei Belichtung im Leitzustand sein, beim Abdunkeln sperren. Das lässt sich mit einem Spannungsmessgerät leicht nachprüfen: an den PINs 1 bis 4 der Platine müssen bei belichtetem Fototransistor etwa 0-0,6 V gemessen werden (eventuell die entsprechenden Potentiometer P1 bis P4 nachjustieren), bei unbelichtetem + 12 - 18 V, jeweils gegen PIN - gemessen.

Falls der Fehler nicht an den Lichtschranken liegt, muss ein Fehler in der Elektronik gesucht werden.

- Der weitaus häufigste Fehler liegt an unsauberen Lötstellen. Also: erst einmal eine gründliche Sichtprüfung mit Hilfe einer Lupe vornehmen.
- Sind alle Lötstellen einwandfrei? Sind keine Leiterbahnen versehentlich durch Lötzinn überbrückt oder unterbrochen? (Kritische Stellen sind die Leiterbahnen zwischen den IC-Pins!)
- Zeigen alle passiven Bauteile die richtigen Werte-Aufdrucke? Sind Dioden und Elektrolyt-Kondensatoren in der richtigen Polarität eingelötet?
- Sind die ICs richtig herum eingelötet? (Markierung am PIN1 beachten!)
- Schließlich kann es nur an den Halbleitern und ICs liegen. Also: nacheinander alle austauschen (hier ist der im Vorteil, der IC-Fassungen eingelötet hatte!), dabei die PINs der MOS-ICs nicht mit den Fingern berühren, MOS-Halbleiter sind empfindlich gegen statische Aufladungen. Hilfreich bei der Fehlersuche ist ein Plan, der die Zuordnung der einzelnen Gatter zu den IC-Pins aufzeigt, diesen können Sie [hier herunterladen](http://www.bernd-raschdorf.de/Schrankensteuerung_Gatter_IC-PIN.pdf):
www.bernd-raschdorf.de/Schrankensteuerung_Gatter_IC-PIN.pdf

Übersicht über die Ausgangsbeschaltung:

Blau gezeichnet (optional): Bei Verwendung von Wechselstrom-Schrankenantrieben können Relais an Z und A angeschlossen werden, über deren Schaltkontakte der Schrankenantrieb gesteuert werden kann. Die 4 IR-LEDs D1 - D4 können statt in Reihe auch parallel geschaltet werden. In diesem Falle muss jede Diode separat mit einem Vorwiderstand ausgestattet werden.

