

Elektronisch Steuerung der Ausfahrt aus einem Schattenbahnhof

Die Bearbeitung dieser Problematik entstand auf Anregung meines Freundes Frank, der nun im Weiteren die technische Realisierung vornehmen wird.

In der vorliegenden Beschreibung geht es nicht um die automatische Steuerung eines Schattenbahnhofs, sondern lediglich um eine wahlweise von Hand ausgelöste Ausfahrt der Züge aus den Gleisen des Schattenbahnhofs. Die Einfahrt in die Gleise muss der Betreiber selbst organisieren, d.h. die Auswahl eines freien Gleises erfolgt ebenfalls per Hand. Der Halt der Züge an vorgesehener Stelle und die Markierung des Gleises als besetzt übernimmt die elektronische Steuerung.

Folgendes Konzept liegt der Steuerung zu Grunde:

- Die Gleise des Schattenbahnhofs werden nur in einer Richtung befahren
- Unabhängig von der Zuglänge und der Position des Triebfahrzeuges (hinten oder vorne am Zug), soll der Zug immer am Ende des Abstellgleises halten
- Der Zug schaltet das Gleis damit selbst Fahrspannungslos, das Schalten selbst soll über einen Sensor ausgelöst werden (Sensor S1i), wobei es egal ist, ob ein Fahrzeug über dem Sensor zum Stehen kommt oder nicht.
- Die Ausfahrt aus dem Gleis wird durch einen Taster ausgelöst, der Sensor, der den Halt auslöste, muss nun außer Betrieb gesetzt werden, damit das Gleis nicht wieder abgeschaltet wird, was für einen geschobenen Zug ein erneuten Halt an ungünstiger Stelle auslösen würde.
- Hat der Zug komplett das Gleis verlassen, wird dieses wieder in die Ausgangssituation zurückgestellt. Das ist nur durch einen weiteren Sensor, der in der maximalen Zuglänge von der Haltestelle entfernt im Ausfahrtgleis installiert sein muss (Sensor S2).

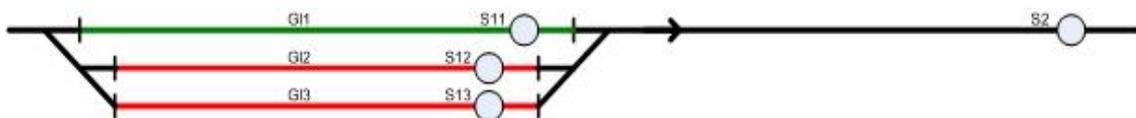


Bild 1: Beispielanordnung; Gleis1 – frei; Gleis 2 und 3 - besetzt

Schaltungsprinzip

Für die Steuerung eines Gleises wurde folgende Prinzip-Schaltung erarbeitet:

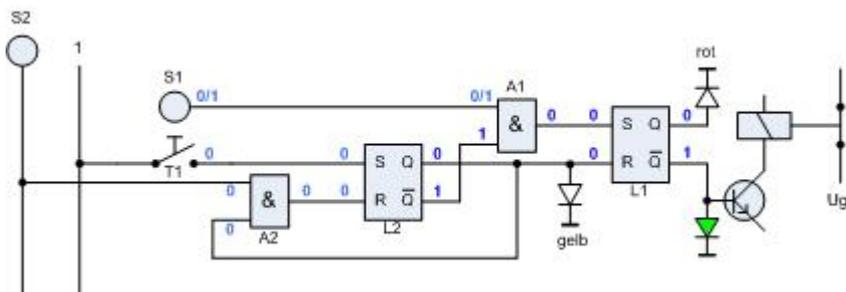


Bild 2: Prinzip-Schaltung für ein Gleis

Die Bauelemente A1 und A2 sind AND-Gatter, L1 und L2 Latches. L1 speichert den Zustand eines Gleise des Schattenbahnhofs, belegt oder frei. L2 speichert den Zustand des Tasters T1, der die Ausfahrt eines Zuges aus einem besetzten Gleises einleitet. Weiterhin wird über den negierten Ausgang von L2 der Sensor S1 außer Betrieb gesetzt, damit nun bei der Ausfahrt des Zuges aus dem Gleis der Sensor nicht sofort das Gleis wieder Fahrspannungsfrei schaltet. Dieser Zustand muss jedoch wieder beseitigt werden, damit ein Zug im Gleis halten kann. Dazu wird der Ausgang von L2 auf das AND-Gatter A2 geschaltet. Dadurch kann der Sensor S2 das Latch L2 zurücksetzen, nur dieses, denn bei allen anderen Gleisen ist der Ausgang von AND2 garantiert auf 0 gesetzt, es wird hier keine Schalthandlung für L1 ausgelöst. Und noch einen weiteren Effekt gibt es, denn wird vor Einfahrt eines Zuges in ein freies Gleis der Taster T1 betätigt, so wird der Sensor S1 außer Betrieb gesetzt, der Zug fährt ohne Halt durch.

Zur Signalisierung des jeweiligen Zustandes der Gleise sind drei LED's vorgesehen. Die grüne LED zeigt an dass das Gleis frei ist, die rote den Besetztzustand. Die gelbe LED wird zusätzlich zur grünen geschaltet und zeigt an dass eine Ausfahrt bzw. Durchfahrt eingeleitet ist. Der Sensor S2 setzt alle so gestellten Zustände zurück. Der Transistor steuert ein Relais an welches die Fahrspannung der Gleise schaltet. Sowohl das Relais, wie auch die LED's sind symbolisch dargestellt, der exakte Einbau bedarf weiterer Bauelemente. Die Funktion der Bauelemente ist in den Bildern 4 und 5 dargestellt, die blauen und roten Zahlen an den Ein- und Ausgängen soll die Signale auf den Leitungen veranschaulichen.

Das folgende Bild zeigt gesamte Schaltung für die obige Gleisanordnung, auf Gleis 2 wird eine Ausfahrt eingeleitet.

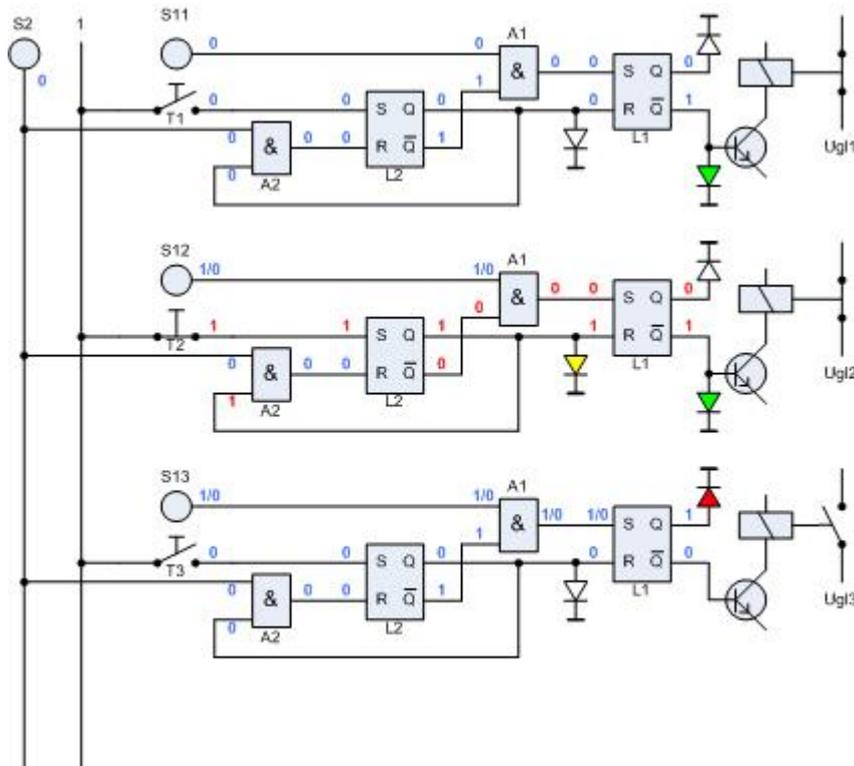


Bild 3: Ausfahrt aus Gleis 2

Für die im Bild 1 dargestellte Situation wird durch Betätigung des Tasters T2 eine Ausfahrt aus Gleis2 eingeleitet. Das Latch L2 kommt in den Set-Zustand, das bedeutet, dass Latch L1 in den Reset-Zustand wechselt und das Relais angesteuert wird, womit Fahrspannung am

Gleis anliegt. Der Taster kann sofort wieder losgelassen werden, damit geht L2 in den Speicherzustand über, stellt den zuletzt eingenommenen Zustand weiterhin zur Verfügung. Weiterhin sieht man, dass der eine Eingang vom AND-Gatter A1 auf 0 gesetzt wird, womit es nun völlig egal ist welches Signal der Sensor S12 liefert, es wird durch A1 eine 0 erzeugt, das Latch L1 kann nicht mehr in den Set-Zustand kommen, es schaltet nicht mehr um. Gleichzeitig wird der eine Eingang des AND-Gatters A2 auf 1 gesetzt, d.h. das Signal des Sensors S2 kann durchgestellt werden und setzt in diesem Fall das Latch L2 zurück, das Gleis ist wieder für eine Einfahrt bereit, der Sensor S12 ist wieder aktiv.

Technische Realisierung der Schaltung

Als Sensoren sollen **Infrarot Reflexmelder IRRM** der Firma **Joka elektronik** verwendet werden. Diese liefern im aktiven Fall eine 0 sonst 1 (schalten im aktiven Fall auf Masse um)

Die Latches sind genauer definiert RS-Latch. Latch ist die amerikanisch Bezeichnung für Zustandgesteuerte Kippglieder (Flip-Flop's). Das Latch wird durch das folgende Schaltsymbol und Zuordnung beschrieben:

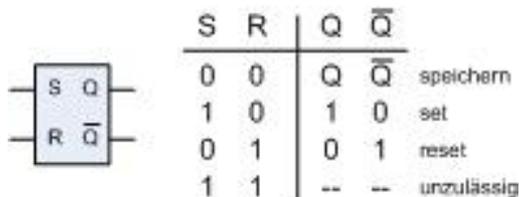


Bild 4: Beschreibung Latch

Für das AND-Gatter gilt:

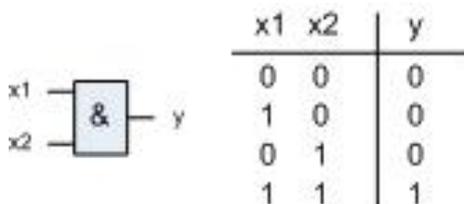


Bild 5: Beschreibung AND

Die bisher dargestellten Latch sind die theoretischen Vorgaben, die durch reale Bauelemente realisiert werden müssen. In Bauelemente-Katalogen findet man meist auch RS-Latch, man sollte aber genau in der Beschreibung nachlesen, denn meist sind es RS-Flipflops, die können wir hier aber nicht so gebrauchen. RS-Latch kann man sich ohne großen Aufwand auch selbst aus NAND- oder NOR-Bausteinen herstellen. Im folgenden Bild wird die NAND-Variante dargestellt:

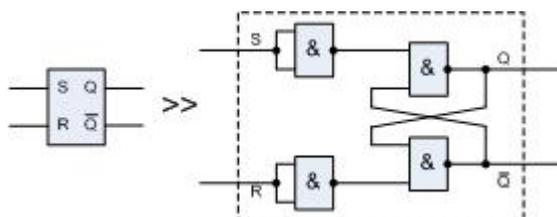


Bild 6: Latch auf NAND-Basis

Diese Schaltungsanordnung erfüllt genau die theoretische Beschreibung. Lässt man die ersten beiden NANDs weg, ist die Schaltung 0 aktiv, d.h. der Speicherzustand stellt sich dann bei der Eingangsbelegung 1 1 ein.

Wenn man nun schon mal NANDs im Einsatz hat, kann man auch gleich den Rest mit NANDs aufbauen. Es gibt auch AND-Bauelemente, da aber auf den NAND-Bausteinen meist mehrere Gatter vorhanden sind, kann man versuchen mit diesen den Rest der Schaltung aufzubauen. Ohne Probleme kann man aus den NANDs auch ein AND-Gatter erstellen:

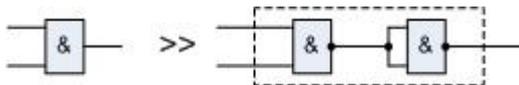


Bild 7: AND aus NAND-Gattern

Das zweite NAND-Gatter wird als Negator geschaltet, denn nach Schaltalgebra ist $x1$ und $x1 = x1$ (es geht auch, wenn ein Eingang auf 1 gelegt wird) und das Ergebnis wird im Anschluss negiert. Da das Ergebnis der AND-Operation durch das erste Gatter negiert dargestellt wird, wird dieses durch das zweite Gatter noch einmal negiert und ist damit richtig. Treffen nun zufällig zwei Negatoren aufeinander, z.B. der Ausgang eines AND auf den Eingang eines RS-Latsch, können die beiden Negatoren gestrichen (weggelassen) werden, denn die Negation der Negation hebt sich auf. Genau der Fall tritt in der Schaltung auf, man kann so Gatter sparen. Im Folgenden ist die gesamte Schaltung für ein Gleis dargestellt:

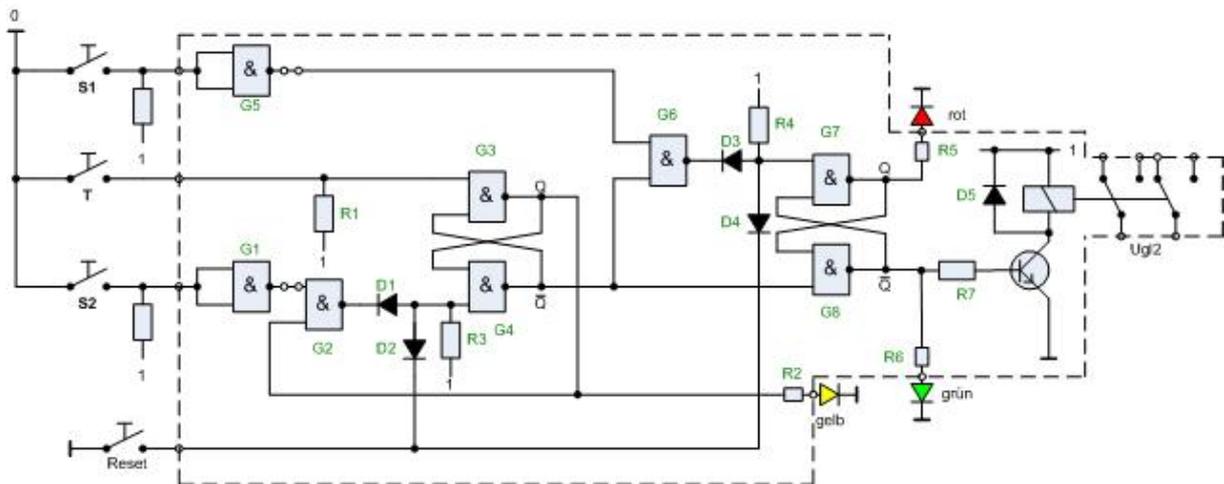


Bild 8: Reale Schaltung für ein Gleis

Der im Innern der gestrichelten Umrandung liegende Teil der Schaltung muss realisiert werden. S1 und S2 sind für Testzwecke angebrachte Taster. Die ersten Gatter G1 und G5 der Schaltung negieren das Eingangssignal der Sensoren. Sollten andere Sensoren verwendet werden, die 1 aktiv sind, können die Negatoren entfallen, und der Anschluss der Sensoren erfolgt hinter den Gattern. Das nun freie Gatter muss aber entfernt werden, bzw. mindest der Ausgang von der Schaltung!

Damit kann die Schaltung für beliebige Sensoren genutzt werden. Insgesamt werden 8 NAND-Gatter gebraucht. Das ist sehr günstig, da auf einem NAND-Baustein z.B. vom Typ 4011 vier Gatter vorhanden sind und man damit gesamt nur zwei Bausteine braucht.

Die Latches werden wie im Bild 6 dargestellt, realisiert, jedoch ohne Negatoren am Eingang, es wird mit 0 geschaltet.

Gatter müssen immer in einem definierten Zustand betrieben werden. Ein Problem könnte es damit beim Taster T geben, denn wäre der Schalter auf, würde am Eingang des Gatters G3 ein nicht definierter Zustand auftreten. Um dieses zu verhindern, wird über einen Widerstand R1 der Eingang generell auf 1 gelegt. Wird nun die Taste betätigt, liegt am Eingang der Pegel 0 und über den Widerstand fällt die gesamte Spannung ab. Ist der Widerstand groß genug (etwa 10KOhm) wird das Netzteil kaum belastet. Der Widerstand hat die Bezeichnung Pull-Up-Widerstand.

Ähnlich verhält es sich mit den Dioden D1, D2 und dem Widerstand R3, bzw. D3, D4, R4. Diese Schaltung ist notwendig, weil beim Einschalten der Schaltung nicht definiert ist welchen Zustand die Latches annehmen. Aus dem Grunde wurde eine reset-Schaltung vorgesehen, die einen definierten Zustand für beide Latch erzeugt, L1 (G7, G8) kommt in den set-Zustand (Gleis besetzt) und L2 (G3, G4) in den reset-Zustand (Taster T nicht betätigt). Die Latch müssen nun mit dem Signal vom vorhergehenden Gatter oder von der reset-Leitung gesteuert werden. Diese ODER-Funktion kann natürlich mit speziellen Schaltkreisen oder mit NANDs oder mit Dioden erzeugt werden. Das Zusammenschalten von Ausgängen ohne Zusatzbauelemente wäre für die Bausteine verheerend, denn es könnte zur Zerstörung der Bauelemente führen. Die ODER-Schaltung wird aus Kosten Gründen mit Dioden erzeugen. Da aber über die Dioden nur eine 0 vom Gatterausgang oder vom Taster an den Eingang des Latch gelegt werden kann ist im anderen Fall der Eingang wieder undefiniert. Ein Widerstand schafft wieder Abhilfe.

Am negierten Ausgang vom Latch L1 wird über einen Widerstand ein Transistor und ein Relais zur Schaltung der Fahrspannung betrieben. Die Anordnung bewirkt, dass im Gleis-Besetzt-Fall, was sicher die meiste Zeit sein wird, das Relais stromlos ist.

Weiterhin wurde vorbereitet, dass mittels LEDs der jeweilige Zustand des Gleises angezeigt werden kann:

rot – Gleis besetzt

grün – Gleis frei

grün und gelb – Gleis wurde mittels Taster frei geschaltet, Zug fährt aus oder auf Durchfahrt geschaltet; gelb verlischt, wenn S2 aktiv wird.

Für die Widerstände an den Dioden sind etwa 1KOhm sinnvoll, gleiches gilt auch für den Steuerwiderstand zum Transistor (hängt vom Transistor ab und der vom zu schaltenden Relais). Die Diode über dem Relais ist notwendig, um beim Abschalten des Relais hohe Selbstinduktionsspannungen zu unterdrücken.

(1 bedeutet Betriebsspannung, 0 Masse)

Technischer Aufbau der Schaltung

Sicher ist es möglich die Schaltung auf einer kleinen Universal-Leiterplatte aufzubauen, man braucht jedoch sicher mehr als nur eine von diesen Schaltungen, dann ist jedoch eine Leiterplatte günstiger. Folgende Leiterplatte wurde für ein Gleis entworfen:

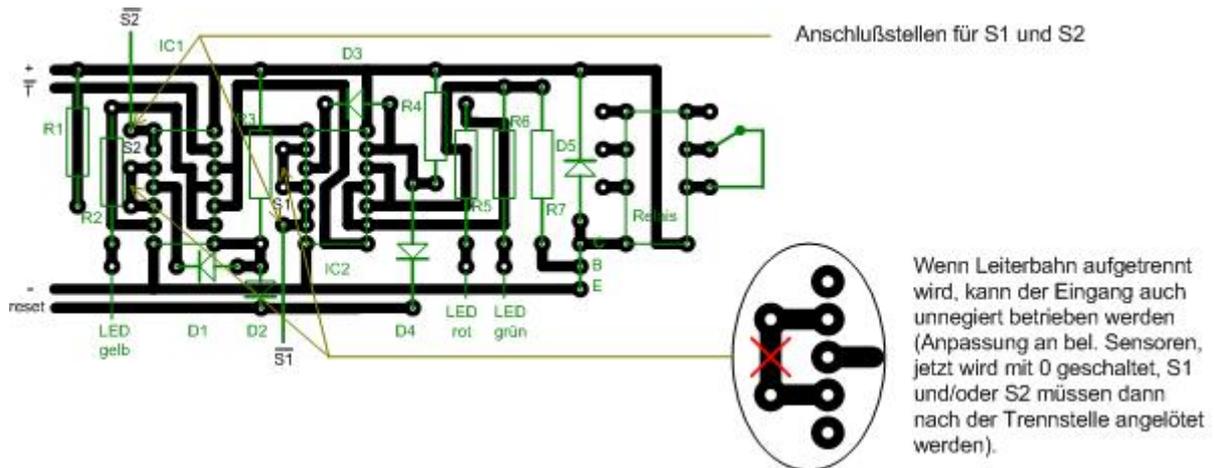


Bild 9: Leiterplatte (Bauelemente-Seite) zur Steuerung eines Gleises

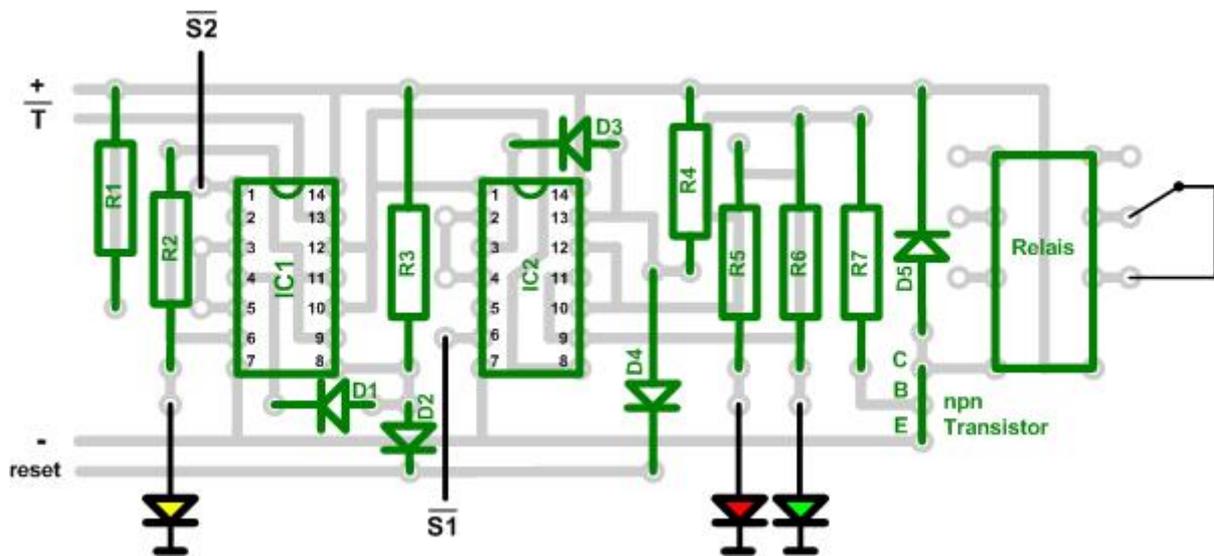


Bild 10: Einbauanordnung der Bauelemente auf der Leiterplatte

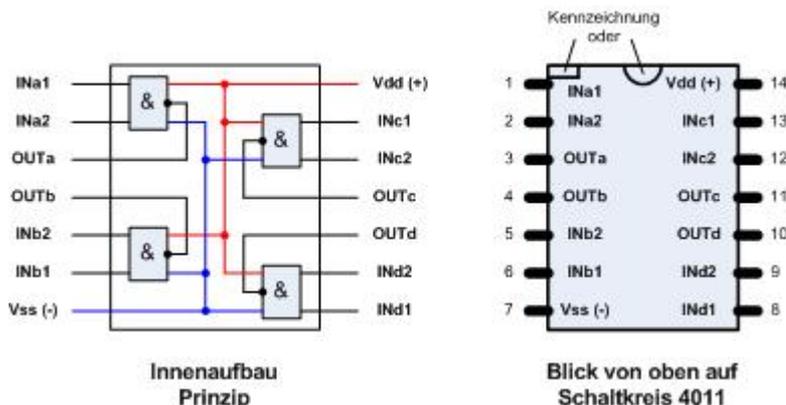


Bild 11: Innenaufbau und Anschlußbelegung des Schaltkreises 4011

Es entsteht eine relativ einfache Leiterplatte. Es wurde bewusst auf Leiterzüge zwischen den Anschlussbeinen der IC's verzichtet, so dass diese Platte mit eigenen Mitteln herstellbar ist. Die grün gezeichneten Teile sind Bauelemente und Verbindungen, diese müssen natürlich bei der Ätzvorlage entfallen. Außerdem ist die Darstellung dann einmal zu spiegeln, denn die

Bilder 9 und 10 zeigen die Bauelementeseite. Es ist durchaus auch möglich, die Leiterplatte weiter zu verkleinern.

Als Relais wurde ein Miniatur-Print-Relais der Firma „finder“ zugrunde gelegt. Andere größere Relais lassen sich nach kleinen Änderungen der Leiterplatte alternativ unterbringen (z.B. bei Drehung um 90° können die Relais schon ganz schön groß sein).

Bei der Beschriftung der Eingänge wurde in üblicher Schreibweise durch einen Strich über der Größe auf die 0 Aktivität hingewiesen, die Bezeichnung des Signals ändert sich nicht, z.B. das Signal S2(negiert) kommt nach wie vor vom Sensor S2.

Die schwarzen Linien und Bauelemente im Bild 10 deuten an, dass diese nicht auf der Leiterplatte angeordnet sind, es gibt eine Verbindung dorthin.

Ein Problem gibt es noch mit dem „reset“ der Schaltung. Es werden in diesem Verfahren grundsätzlich alle Gleise auf „besetzt“ geschaltet, alle vorhandenen Züge bleiben auch auf den Gleisen stehen. Aber auch die freien Gleise werden als besetzt eingeordnet. Schaltet man diese mit dem Taster T auf Ausfahrt, sind sie zwar frei, aber ein einfahrender Zug hält nicht. Erst ein ausfahrender Zug setzt mittels S2 alle Freigaben zurück, nun funktioniert alles wie gewollt. Man kann natürlich auch neben dem reset-Taster auf dem Fahrpult einen weiteren Taster dort anbringen, der die Funktion des S2 Sensors übernimmt, aber Vorsicht, nicht parallel schalten zum Sensor, nur eine ODER-Schaltung kann das, etwa so wie bei der reset-Schaltung mit Dioden und einem Widerstand (bei 0 aktiven Sensor ist das die gleiche Lösung) oder man verwendet einen entsprechenden ODER-Baustein.

Preise

Die Preise sind nur Schätzungen, hängen vom Anbieter der Bauelemente ab.

Ein NAND-Baustein kostet etwa 50 CENT (habe ich auch schon zu 28 CENT gesehen), das Relais 2,30 EURO, Widerstände und Dioden etwa 1EURO. Der Preis der Leiterplatte ist ebenfalls zu berücksichtigen, man kommt also auf etwa 5 EURO pro Gleis. Wer sich den Bau solcher Steuerung zutraut, hat sicher schon mehr gebaut, so dass in der Regel schon einige Bauelemente vorhanden sind.

Hat man alles ausprobiert, kann man gleich für eine größere Anordnung Bauelemente kaufen und bekommt dann meist Mengenrabatt, so dass es noch etwas billiger wird.

Nicht berücksichtigt wurden die Preise der Sensoren.

Sollen viele Gleise gesteuert werden, ist sicher der Kauf einer fertigen Steuerung günstiger.

Erweiterung der Schaltung

Nicht berücksichtigt wurde, dass bei angewiesener Ausfahrt eines Zuges kein weiterer Zug ausfahren soll, eine Verriegelung also. Das ließe sich durch weitere Bauelemente relativ einfach klären. Alle Ausgänge der Latches L2 werden durch ODER verbunden. Dieses Signal nutzen die Taster, d.h. solange kein Taster betätigt ist, liegt eine 0 am Taster, er kann einen Schaltvorgang an L2 auslösen, der dann aber sofort den Taster und alle anderen Taster außer Betrieb setzt, da nun eine 1 zum Schalten bereitsteht. Erst der Sensor S2 setzt L2 wieder zurück und die Taster können wieder genutzt werden.

Das Schalten der Weichen ließe sich ebenfalls mit den Tastern kombinieren. Am Ausgang von L2 werden über einen Verstärker (Transistor und/oder Relais) die entsprechenden

Weichenspulen angesteuert und die Fahrstraße festgelegt. Der Sensor S2 unterbricht wieder die Ansteuerung, so dass nun andere die Weichen steuern können. Das geht ohnehin nur, wenn die Taster nach eben genannten Prinzip nicht verriegelt sind.

Die Ansteuerung der Weichen muss wieder zur Entkopplung (Realisierung der ODER-Funktion) über Dioden erfolgen.

Die Weichenantriebe stehen, sofern keine Endabschaltung vorhanden ist, bis zur Auslösung eines Signals durch den Sensor S2 unter Spannung. Wenn das nicht geht, muss eine Impulsschaltung zur Ansteuerung vorgesehen werden.

Natürlich kann man als Erweiterung auch die Einfahrt in den Schattenbahnhof automatisch steuern. Da eine Besetzt- bzw. Frei-Meldung schon vorliegt, sollte daraus sofort auch ein mögliches Gleis ausgewählt werden können.