

Dipl.-Ing. Wolfgang Hückel
Am Brunnen 1
42781 Haan
☎ +49 2129 2860
✉ wolfgang_hueckel@hotmail.com

Dipl.-Ing. Michael Zimmermann
Buchenstraße 15
42699 Solingen
☎ +49 212 46267
✉ kruemelbahn2000.info@web.de
🌐 www.kruemelsoft.privat.t-online.de

wDSA
Servosteuerung für die Modelleisenbahn
Handbuch
Version 8

Dieses Handbuch beschreibt die Doppel-Servosteuerung ab
Hardware Version 2
Software Version 6

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	3
2	Konzept	5
3	Lösung	6
4	Schnittstellen	13
5	Anwendung	15
6	Programm des Mikrocontrollers	23
7	Berechnung des Vorwiderstands von Leuchtdioden.....	24
8	Inbetriebnahme.....	26
9	Hinweise zum Aktiv 1-Stellen	27
10	Lieferumfang	29
11	PIC-Programm-Einstellungen.....	29
12	Wie kommt die geändert HEX-Datei in den PIC?	31
13	Rechtliches.....	33
14	Verweise	34
15	Versionsgeschichte	35

wDSA ist für den Einsatz zur Steuerung von Servo-Antrieben auf Modelleisenbahnanlagen vorgesehen. Der Autor dieser Anleitung übernimmt keine Haftung für Aufbau und Funktion von wDSA sowie für beliebige Schäden, die aus oder in Folge Aufbau oder Betrieb von wDSA entstehen.

1 Einführung

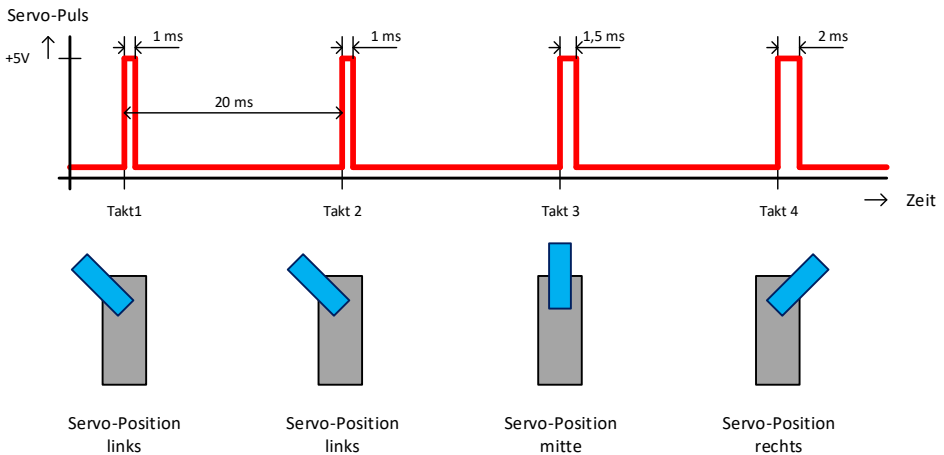
Weichen, Formsignale, Türen und Tore, Verladekräne, drehbare Wasserkräne für Dampflokomotiven – bei der Modelleisenbahn benötigt man an vielen Stellen elektrisch gesteuerte mechanische Antriebe. Für diesen Zweck geeignete Elektromotoren sind zwar gut erhältlich, aber ein solcher Elektromotor nützt alleine noch nichts, weil er sich viel zu schnell dreht. So wird zu diesem Motor in der Regel auch noch ein auf die Antriebsaufgabe abgestimmtes Getriebe erforderlich. Die Dimensionierung und die mechanische Fertigung des Getriebes sind aber nicht immer einfach zu lösen. Deshalb ist seit einiger Zeit das „Servo“ in das Rampenlicht der Modelleisenbahn gerückt.

Ein Servo ist in der Elektrotechnik ein Verbund aus Steuerungs- und Antriebseinheit, mit dem eine Mechanik durch elektrische Signale gestellt werden kann. In dieser Anleitung ist mit Servo immer ein Modellbau-Servo gemeint. Diese Antriebe sind im RC-Modellbau schon lange üblich. Das Servo hat auf der Abtriebsachse einen Hebel oder eine Scheibe, der/die einen bestimmten Drehwinkel durchläuft. Dieser Drehwinkel ist geregelt. Zur Ermittlung der aktuellen Winkelstellung ist mit der Drehachse ein Potentiometer mechanisch verbunden. Die Steuerelektronik ermittelt aus dem Widerstandwert des Potentiometers den Ist-Winkel der Achse. Dieser Wert wird mit dem Soll-Winkel des Steuerbefehls verglichen. Bei einer Abweichung zwischen Ist- und Soll-Winkel regelt die Elektronik über den Motor und das Getriebe den Winkel nach. Vereinzelt findet man auch Servos, die einen geradlinigen Stellweg haben, das Prinzip ist aber gleich.

Ein Nachteil von Modellbau-Servos ist, dass man es nicht abfragen kann, ob das Servo überlastet ist. Ebenso kann man nicht feststellen, ob das Servo überhaupt in der Lage ist, die gewünschte Position anzufahren. Es gibt auch keine elektrische Rückmeldung der aktuellen Position nach außen.

Modellbau-Servos werden über eine Pulsweitenmodulation angesteuert. Der Puls-Wiederhol-Takt beträgt etwa 20 ms. Der Wert ist nicht kritisch und muss nicht genau eingehalten werden. Die Pulse sind aktiv, wenn sie gegenüber dem Bezugspotential der Spannungsversorgung positive Spannung aufweisen. Üblicherweise beträgt die Versorgungsspannung 5 V. Die Breite eines Pulses innerhalb eines Takts, also die Zeit, zu der der Puls aktiv ist, bestimmt den Drehwinkel, der Steuerbereich liegt dabei zwischen 1 und 2 ms.

Eine Pulsbreite von 1 ms stellt den Drehwinkel auf die eine, eine Breite von 2 ms auf die andere Endposition. Werte dazwischen fahren die dazugehörige Zwischenposition an. Bei 1,5 ms erreicht das Servo die Mittelstellung.



Viele Servos haben in diesem spezifizierten Wertebereich jedoch nicht unbedingt ihre volle Bewegungsfreiheit ausgenutzt, die Werte, bei denen der Servo die absoluten mechanischen Grenzen erreicht, können auch unter 1 ms und über 2 ms liegen, damit kann der Drehwinkel des Servos größer werden.

Von der internen Elektronik her wird noch zwischen Analog- und Digital-Servos unterschieden. Digitale Servos sind schneller und genauer und können ihre Position besser halten. Ein analoges Servo gibt seinem Motor alle 20 ms einen Impuls. Wirkt eine Kraft auf das Servo, braucht die Steuerelektronik also bis zu 20 ms, um dem Motor einen neuen Spannungsimpuls zu senden. Ein Digital-Servo sendet alle 400 μ s einen Impuls an den Motor, er bekommt die Spannungsimpulse also wesentlich schneller. Je öfter ein Motor Spannung bekommt, umso mehr Leistung kann er verrichten. Das Digital-Servo hat außerdem den Vorteil, dass das bei einem Analog-Servo mehr oder weniger vorhandene Einschalt-Zucken nicht mehr vorkommt.

In der klassischen Modellbahntechnik war die Steuerung von Servos völlig unbekannt. Man benötigt ja nun ein Gerät, dass diese speziellen Impulse erzeugt. Es gibt mittlerweile einige Hersteller für Modellbahn-Elektrozubehör, die Steuerungen für Servos anbieten, aber oft sind diese Produkte für den Einsatz mit digitalen Modellbahnsteuerungen vorgesehen. Vor einiger Zeit hat Michael Zimmermann seine *ServoAnsteuerung ohne Digital-Schnick-Schnack* vorgestellt, sie kann ein Servo bedienen. Diese Steuerung wurde für zweibegriffige Formsignale optimiert, für andere Einsätze wie einen Weichenantrieb mit Herzstückpolarisierung ist die Steuerung nur geeignet, wenn sie entsprechend erweitert wird. Und es hat sich herausgestellt, dass des Öffnen auch zwei Servos benötigt werden wie zum Beispiel bei einer Doppelweiche oder einem

dreibegriffigen Formsignal. Deshalb wurde jetzt die Servosteuerung wDSA geschaffen, hier lassen sich zwei Servos anschließen, und es gibt einige weitere sinnvolle Funktionen.

2 Konzept

wDSA steuert zwei Servos (fast) vollständig unabhängig voneinander. Jedes Servo kann zwischen den beiden physikalischen Endlagen zwei beliebig einstellbare Positionen einnehmen.

Die Stellbefehle zum Anfahren einer Position werden als digitale Logik-Signale an die Steuerschaltung gelegt. Nach einem Stellvorgang wird die aktuelle Position jedes Servos als digitales Logik-Signal zurückgemeldet.

Die Schaltung hat die Steuerleitungen:

- Servo 1 läuft in die Position a
- Servo 1 läuft in die Position b
- Servo 2 läuft in die Position a
- Servo 2 läuft in die Position b

Die Schaltung hat die Rückmeldeleitungen:

- Servo 1 ist in Position a
- Servo 1 ist in Position b
- Servo 2 ist in Position a
- Servo 2 ist in Position b

Über die Rückmeldeleitungen kann die aktuelle End-Position a oder b abgefragt werden.

Bei wDSA verrichtet ein Mikrocontroller die Arbeit.

Die Zeit, die ein Servo für das Umlaufen von Position a nach Position b und zurück benötigt, kann ebenfalls eingestellt werden, allerdings nur in der Mikrocontroller-Software. Außerdem ist diese Zeit momentan nur für beide Servos gleich einstellbar.

3 Lösung

3.1 Energieversorgung

wDSA wird mit einer stabilen Gleichspannung von 5 V betrieben und benötigt dabei etwa 5 mA. Dazu kommt noch der Strombedarf für Servos, Leuchtmelder, ...

Die Energieversorgung muss extern bereitgestellt werden. Bei ausreichender Leistung der Versorgungsquelle können natürlich mehrere Komponenten an die gleiche Quelle angeschlossen werden.



Eine preisgünstige 5 V-Energieversorgung bieten Stecker-Schaltnetzteile. Sie können einen Strom ab 0,5 bis 2,5 A liefern, dabei bleibt die Bauform immer noch relativ klein. Diese Netzteile sind mittlerweile recht preisgünstig zu bekommen. Es gibt auch Bauarten, die im Ruhebetrieb besonders wenig Eigenstrom benötigen.

Ein Servo hat allerdings beim Einschalten etwas Strom-Hunger, daher darf das Netzteil nicht zu knapp bemessen werden, sonst bricht die Versorgungsspannung ein, es gibt ein wildes Zucken und der PIC startet ständig neu...

Die zu steuernden Servos müssen ebenfalls für eine Versorgungsspannung von 5 V ausgelegt sein. Das gilt auch für alle weiteren Bauteile von Zusatzschaltungen, wenn man keine zusätzliche Anpassungstechnik einsetzen will.

3.2 Schaltung

Das zentrale Bauteil ist der Mikrocontroller K1 des Typs Microchip PIC 16F690.

Auf die Kondensatoren C1 und C2 sollte zur Erhöhung der Betriebssicherheit nicht verzichtet werden.

Die vier Einstellpotentiometer R1 bis R4 sind Mehrgang-Drehsteller, damit die Positionen der Servos ausreichend fein festgelegt werden können.

Die Widerstände R5, R7, R8, R9, R10 und R11 sind unbedingt notwendig.

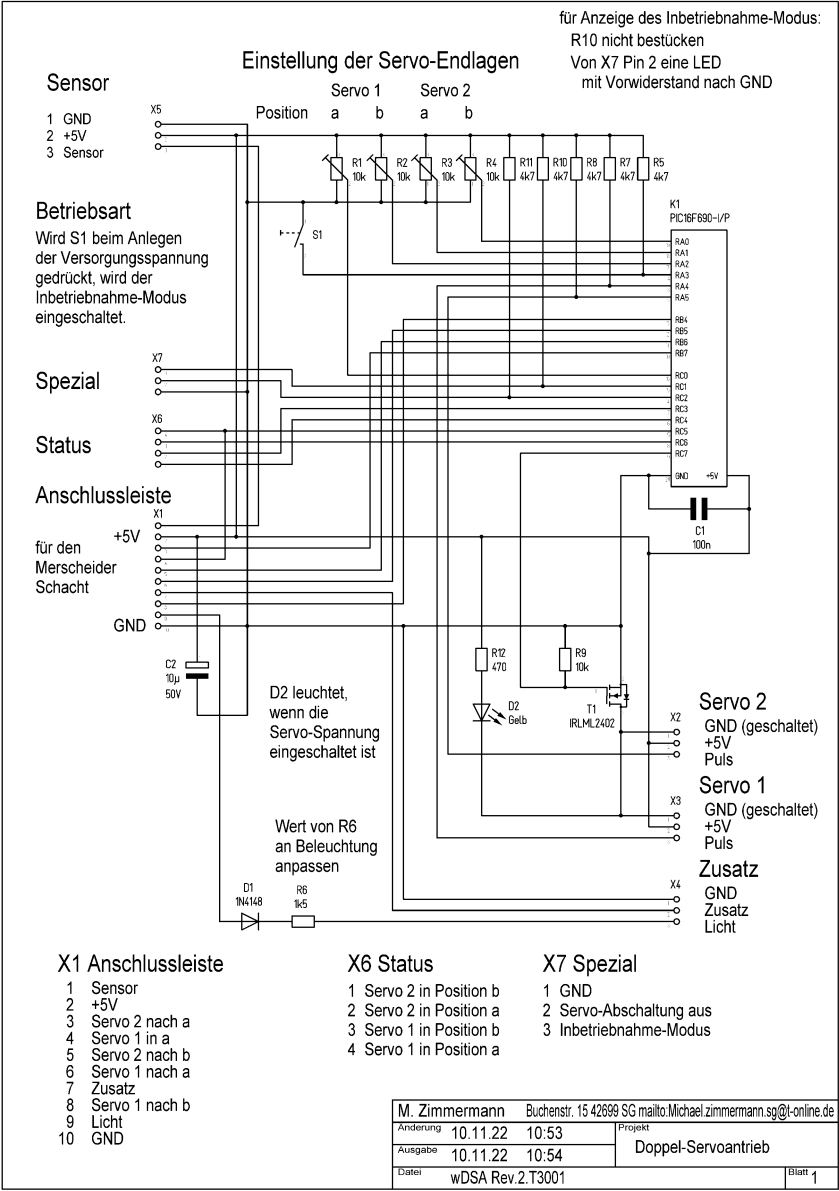
Auf den Widerstand R6 kann man verzichten, wenn man die Licht-Leitung nicht nutzt oder dort kein Widerstand benötigt wird. Das gilt auch für die Diode D1.

Der Widerstand R9 und der Transistor T1 sind für die Servo-Abschaltung zuständig.

Der Widerstand R12 und die Leuchtdiode D2 bilden die Status-Anzeige, dass die Servo-Abschaltung aktiv ist. Wenn man diese Anzeige nicht benötigt, können diese Bauteile entfallen.

Der Handtaster S1 dient zum Einschalten des Inbetriebnahme-Modus.

Alle Anschlussleisten sind ein- oder zweireihige Stiftleisten im Rastermaß 2,54 mm.

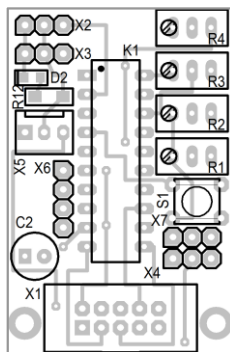


3.3 Platine

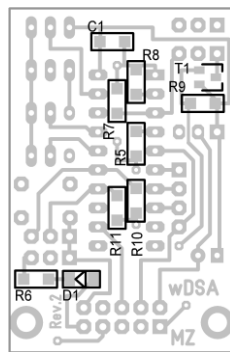
Alle Bauteile finden auf einer 30 x 46 mm großen Platine Platz. Die Abmessungen der Platine wurden so gewählt, damit sie weiterhin in einen „Merscheider Schacht“ hineinpasst. Es gibt zwei Löcher für die Befestigung.

Auf beiden Seiten der Platine befinden sich Leiterbahnen und Lötäugen. Auf der „Bestückungsseite“ sind die meisten Bauteile montiert. Auf der „Lötseite“ werden diese Bauteile mit der Platine verlötet. Zusätzlich sind auf der Lötseite noch einige SMD-Bauteile montiert.

Bestückungsseite



Lötseite



Platine Hardware Version 2 in Originalgröße von Michael Zimmermann

Der Handtaster S1 und die vier Einstellpotentiometer R1 bis R4 wurden in einer solchen Ausführung gewählt, dass sie von der Bauteilseite der Platine aus zu bedienen sind.

Alle Anschlussleisten und die Leuchtdiode D2 befinden sich ebenfalls auf der Bestückungsseite.

Die Anschlussleiste X1 kann als verdrehsicherer Wannenstecker eingebaut werden.

Bei den beiden Servo-Anschlussleisten X2 und X3 wurden einfache Stiftleisten verwendet, weil Servos und Servo-Verlängerungskabel üblicherweise einen fest angeschlossen Stecker haben.

Die Anschlussleiste X5 kann auch als verdrehsichere Steckverbindung ausgeführt werden.

Die Anschlussleiste X6 kann über eine 4polige Dupont-Steckleiste angeschlossen werden, für X7 ist die Leiste 3polig.

Alle Steckleisten müssen aber nicht unbedingt trennbar mit der Außenwelt verbunden werden, man kann bei fester Installation die Anschlussleitungen auch

direkt an die Stifte anlöten. In diesem Fall empfiehlt es sich, für X1 und X5 einfache Stiftleisten zu verwenden.

Für den Mikrocontroller ist eine Fassung notwendig, weil er sonst nicht nachprogrammiert werden kann. Auf der Platine wurde aus Platzgründen auf eine Programmierschnittstelle verzichtet. Es sollte auf eine gute Ausführungsqualität der Fassung geachtet werden.

3.4 Stückliste

Die in der Stückliste angegebenen Bauteile sind beispielhaft, natürlich können auch kompatible Bauteile anderer Hersteller und Lieferanten verwendet werden (SMD-Bauteile farbig unterlegt).

<i>Symbol</i>	<i>Bauteil</i>	<i>Artikel bei Reichelt Elektronik</i>
C1	Kondensator 100 nF SMD 1206	X7R-G1206 100N
C2	Elektrolyt-Kondensator 10 µF mindestens 6 V RM 2,5	RAD 10/100
K1	Mikrocontroller Microchip PIC 16 F 690-I/P	PIC 16F690-I/P
für K1	Präzisions-IC-Fassung DIL 20	GS 20P
R1 R2 R3 R4	Präzisionspotentiometer 10 kΩ Einstellung oben	64W-10K
R6	Widerstand Wert nach Bedarf SMD 1206	abhängig vom Wert
R5 R7 R8 R10 ^x R11	Widerstand 4,7 kΩ SMD 1206	SMD 1/4W 4,7K
R9	Widerstand 10 kΩ SMD 1206	SMD 1/4W 10K
R12 ^x	Widerstand 470 Ω SMD 1206	SMD 1/4W 470
S1	Handtaster 1 Schließer für Platinen-Montage	TASTER 9302
X1	Wannenstecker gerade oder Stiftleiste 2reihig 5 Pins/Reihe RM 2,54	WSL 10G oder **
X2 X3 X4 X7 ^x	Stiftleiste einreihig 3 Pins RM 2,54	siehe *

X5 ^x	Printstecker + Kupplungs-Leergehäuse + 3 Crimp-Kontakte oder Stiftleiste einreihig 3 Pins RM 2,54	PSS 254/3G + PSK 254/3W + PSK-KONTAKTE oder *
X6	Stiftleiste einreihig 4 Pins RM 2,54	siehe *
D1 ¹	Diode 1N4148 SMD	1N 4148 SMD
D2 ¹	LED gelb SMD 0805	SMD-LED 0805 GE
T1	N-Kanal-MOSFET IRLML 2402 SMD SOT-23	IRLML 2402
*	Stiftleiste 1reihig 50 Pins gerade RM 2,54	SL 1X50G 2,54
**	Stiftleiste 2reihig 50 Pins/Reihe gerade RM 2,54	SL 2X50G 2,54

^x Bestückung bei Bedarf

Bauteile, die man nicht unbedingt benötigt, dürfen weggelassen werden. Wer zum Beispiel den Sensor nicht nutzt, kann auf X5 verzichten.

3.5 Aufbauhinweise

Man sollte unbedingt mit den SMD-Bauteilen beginnen. Die weitere Reihenfolge ist eigentlich beliebig.

3.6 Anschlüsse

Die Belegung der Anschlussleiste X1 wurde so gewählt, dass sie pinkompatibel zur Anschlussleiste der *ServoAnsteuerung ohne Digital-Schnick-Schnack* ist.

Die Belegung der Anschlussleisten X2 und X3 wurde so gewählt, dass sie für möglichst viele Servos passt. Servos von Conrad electronic, Robbe, Futura und Graupner JR lassen sich direkt anschließen. Verdrehsicherheit ist an den Stiftleisten nicht vorhanden, es ist daher unbedingt darauf zu achten, dass die Reihenfolge der Leitungen am Servo mit der Reihenfolge der Leiste übereinstimmt.

Die Leitung 'Sensor' wird vom Sensor-Anschluss X5 direkt auf die Anschlussleiste X1 durchgeschleift und kann bei Hauptsignalen für die bequeme Anbindung eines Gleiskontakts mit Bezug auf die 5V-Versorgungsspannung verwendet werden. Sie hat mit der Servosteuerung nichts zu tun.

Die Leitung 'Zusatz' wird zum Zusatz-Anschluss von X4 direkt durchgeschleift und kann bei Signalen für ein Zusatzsignal mit Bezug auf die GND-Leitung der

Versorgungsspannung verwendet werden. Sie hat mit der Servosteuerung nichts zu tun.

Die Leitung 'Licht' wird vom Licht-Anschluss von X4 über die Diode D1 und den Widerstand R6 geleitet und kann zum Beispiel für die Beleuchtung der Laterne eines Formsignals oder einer Weiche mit Bezug auf die GND-Leitung der Versorgungsspannung verwendet werden. Sie hat mit der Servosteuerung nichts zu tun.

Die Rückmeldungen der Servo-Position stehen an der Anschlussleiste X6 zur Verfügung.

Die Anschlussleiste X7 wird bei Bedarf für die Steuerung der Servo-Abschaltung und die Anzeige des Inbetriebnahme-Modus verwendet.

3.7 Einstellen der Positionen

Die End-Positionen jedes Servos werden separat eingestellt. Jede Position ist mittels eines Drehstellers über den gesamten Bereich von mindestens 1...2 ms frei analog festlegbar. Damit sind die Standard-Spezifikationen für Servos erfüllt.

Wenn gegebenenfalls der Einstellbereich ausgedehnt werden soll, kann der Stellbereich auf 0,5...2,5 ms erweitert werden. Das wird in der Mikrocontroller-Software festgelegt und ist auch so voreingestellt.

Um die Servo-Positionen einzustellen, gibt es einen speziellen Inbetriebnahme-Modus. Dazu ist vor dem Anlegen der wDSA-Versorgungsspannung der Taster S1 zu drücken und gedrückt zu halten, erst dann wird die Versorgungsspannung eingeschaltet. Danach muss der Taster wieder losgelassen werden. Der Inbetriebnahme-Modus ist jetzt aktiviert. Hat man an X7 Pin 2 eine Leuchtdiode angeschlossen, zeigt sie diesen Modus an.

An der Leiste X1 werden die Stellbefehle „Servo 1 nach a“ und „Servo 2 nach a“ ausgelöst. Dann werden die dazugehörigen Drehsteller so lange verändert, bis die Servos in der gewünschten Position stehen. Anschließend drückt man den Taster S1, die aktuelle Position beider Servos wird gespeichert.

Jetzt werden die Stellbefehle „Servo 1 nach b“ und „Servo 2 nach b“ ausgelöst. Wieder werden die Positionen mit den anderen Drehstellern festgelegt. Sind auch hier beide Servos in der richtigen Endlage, wird wiederum S1 gedrückt, und die Position wird gespeichert.

Das Anlegen des Stellbefehls mit dem Einstellen und Speichern der Position kann man beliebig oft wiederholen. Die Reihenfolge ist auch egal, man muss es nur mindestens einmal für jede Position gemacht haben.

Ist die Inbetriebnahme beendet, wird wDSA wieder von der Versorgung getrennt. Nach kurzer Pause wird die Spannung wieder angelegt ohne den Taster S1 zu betätigen.



- Ohne eine Inbetriebnahme ist die Servosteuerung nicht einsetzbar
- Beide Servos müssen in beide Endlagen gefahren und deren Position gespeichert werden
- Bei einem Tastendruck auf S1 wird die aktuelle Endlage beider Servos gespeichert
- Man muss also mindestens zweimal den Taster S1 betätigen

Muss die Positions-Einstellung nochmal korrigiert werden, so geht man wie beim ersten Mal vor: Versorgungsspannung aus, Taster S1 gedrückt halten und Versorgungsspannung wieder ein.

Die Servo-Abschaltung ist im Inbetriebnahme-Modus nicht wirksam.

3.8 Laufzeit in die Positionen

Jedes von einem Servo angetriebene Gerät hat seine eigene Laufcharakteristik. Daher besteht die Anforderung, die Umlaufzeit von einer Position zur anderen möglichst vorbildgetreu abbilden zu können.

Die Laufzeit für die Bewegung in eine Position kann man nicht direkt einstellen, sie wird ausschließlich in der Mikrocontroller-Software festgelegt.

wDSA kann zwei Servos steuern, und die beiden End-Positionen können für jedes Servo getrennt festgelegt werden, aber die Laufzeit-Parameter lassen sich aber mit der aktuellen Software nur gemeinsam für beide Servos einstellen.

4 Schnittstellen

Alle Steuer- und Rückmeldeleitungen haben den Logik-Pegel „0“ = 0V oder „1“ = +5V bezogen auf die GND-Leitung der Versorgungsspannung.

4.1 Anschluss zur Außenwelt

Anschlussleiste X1

<i>Pin</i>	<i>Leitung</i>
1	Sensor
2	+5V der Versorgungsspannung
3	Stellbefehl Servo 2 nach a
4	Rückmeldung Servo 1 in a
5	Stellbefehl Servo 2 nach b
6	Stellbefehl Servo 1 nach a
7	Zusatz
8	Stellbefehl Servo 1 nach b
9	Licht
10	GND der Versorgungsspannung

Wahlweise können die Logik-Pegel der Stellbefehle Aktiv 0 oder Aktiv 1 sein. Aktiv 0 bedeutet, das Signal ist gültig, wenn die Leitung den Logik-Pegel 0 hat, also auf GND-Potential liegt. Aktiv 1 bedeutet, das Signal ist gültig, wenn die Leitung den Logik-Pegel 1 hat, also +5V-Potential hat. Der aktive Pegel für die Stellbefehle wird in der Mikrocontroller-Software eingestellt. Die Rückmeldungen sind immer Aktiv 1.

Die Leitungen Sensor, Zusatz und Licht haben mit der eigentlichen Servosteuerung nichts zu tun. Bei den Anwendungsfällen werden aber Beispiele für die mögliche Nutzung dieser Leitungen gezeigt.

4.2 Anschluss der Servos

Anschlussleiste X2 oben für Servo 2 (obere Drehsteller R3 und R4)
bzw.

Anschlussleiste X3 unten für Servo 1 (untere Drehsteller R1 und R2)

<i>Pin</i>	<i>Leitung</i>	<i>Ader-Farbe</i>	
1	GND	meistens schwarz	Pin am Platinenrand
2	+5V	meistens rot	
3	Steuersignal	oft orange oder weiß	

Pin 1 wird bei Nutzung der Servo-Abschaltung gesteuert.

4.3 Anschluss Zusatzlicht

Anschlussleiste X4 für Zusatzlicht und Licht. Der Widerstand R6 ist als Vorwiderstand für eine Leuchtdiode gedacht und muss für die verwendete Beleuchtung angepasst werden. Werden R6 und/oder D1 nicht benötigt, können diese auch überbrückt werden. Die Leiste hat mit der eigentlichen Servosteuerung nichts zu tun. Beispiel siehe Anwendungsfall Formsignal.

4.4 Anschluss Sensor

Anschlussleiste X5 für einen Gleiskontakt. Die Leiste hat mit der eigentlichen Servosteuerung nichts zu tun. Beispiel siehe Anwendungsfall Formsignal.

4.5 Anschluss Rückmeldung

Anschlussleiste X6

<i>Pin</i>	<i>Leitung</i>
1	Servo 2 in a
2	Servo 2 in b
3	Servo 1 in b
4	Servo 1 in a

Die Logik-Pegel der Rückmeldeleitungen sind immer Aktiv 1.

4.6 Anschluss Spezial

Anschlussleiste X7

<i>Pin</i>	<i>Leitung</i>	
1	GND	
2	Servo-Abschaltung aus	wenn dieser Pin mit GND verbunden wird
3	Inbetriebnahme-Modus ein	es kann eine Leuchtdiode mit Vorwiderstand gegen GND angeschlossen werden, und der Widerstand R10 darf nicht eingebaut sein

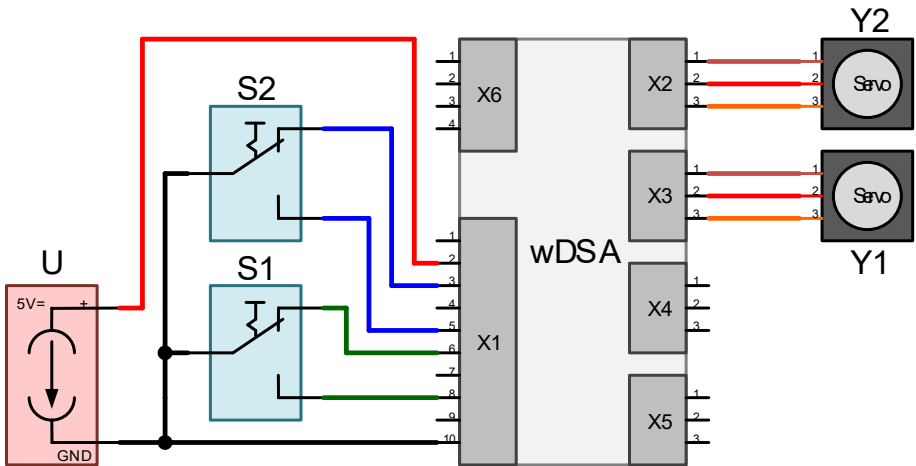
5 Anwendung

Alle Anwendungsfälle beschreiben eine direkte Nutzung, beinhalten also einen kompletten betriebsfähigen Schaltungsaufbau. Die Kenntnis von elektrischen Schaltzeichen wird vorausgesetzt.

Alle Beispiele benötigen die Mikrocontroller-Software mit der Einstellung Stellbefehle Aktiv 0, weil die Schalter gegen GND schalten.

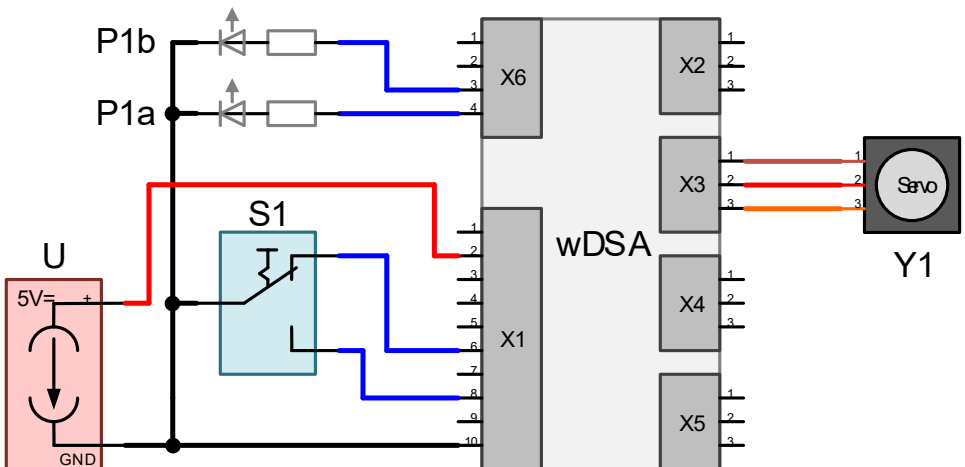
In allen Beispielen ist die Spannungsquelle U die 5V-Versorgungsspannung, S sind die Stell-Schalter, P sind LED-Leuchtmelder und Y sind die Servos. An allen Stelleingängen werden die internen Pull-Up-Widerstände des Mikrocontrollers verwendet.

5.1 Einfacher Antrieb



Der Handschalter S1 stellt den Antrieb Y1, der Handschalter S2 den Antrieb Y2. Die Schalter sind einrastende Handschalter und zeigen durch die Schalterstellung die Lage der Antriebe an. Somit kann man auf eine elektrische Rückmeldung verzichten.

5.2 Mit optischer Rückmeldung



Für eine zusätzliche optische Positions-Rückmeldung stehen die Rückmelde-Leitungen an der Leiste X6 zur Verfügung. Eine Rückmeldeleitung wird erst Aktiv 1, wenn der Antrieb die dazugehörige Position erreicht hat. Sie wird sofort Aktiv 0, wenn der Antrieb aus der dazugehörigen Position herausläuft.

Der Handschalter S1 stellt den Antrieb Y1. Der Schalter ist ein einrastender Handschalter. An der Leiste X6 sind zwei Leuchtdioden P1a und P1b für eine optische Rückmeldung angeschlossen.



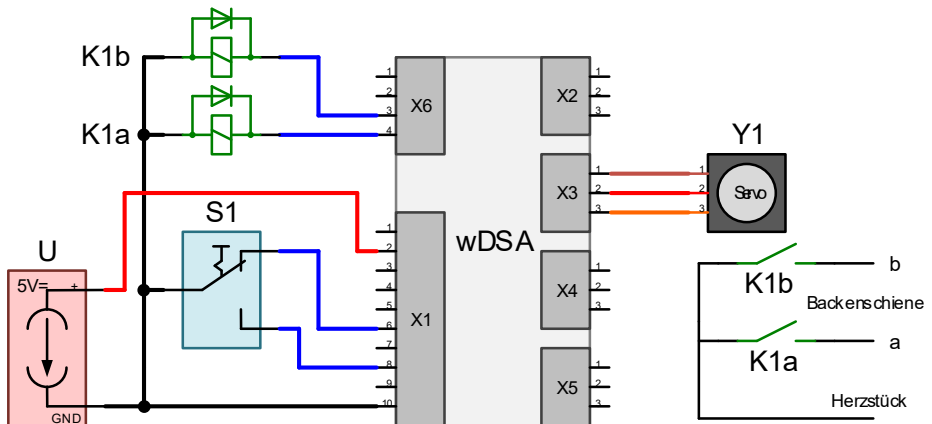
Maximal dürfen 25 mA aus einer Rückmeldeleitung gezogen werden. Ist der Strombedarf höher, muss unbedingt ein zusätzlicher (Transistor-) Schaltverstärker eingesetzt werden, sonst kann der Mikrocontroller zerstört werden.

Leuchtdioden müssen immer über einen passenden Vorwiderstand betrieben werden. Der Widerstandswert ist vom verwendeten Leuchtdioden-Typ abhängig. Mehr dazu steht im entsprechenden Kapitel dieses Handbuchs.

5.3 Einfache Weiche mit Herzstückpolarisierung

Bei Weichen mit elektrisch leitendem Herzstück wird das Herzstück in Abhängigkeit von der Weichenstellung polarisiert. Oder anders ausgedrückt, das Herzstück wird durch die Weichenzunge mit der Backenschiene elektrisch verbunden, weil die Zungenschiene an einer der Backenschienen anliegt. Dieser Kontakt wird aber oft genug durch Schmutz und Metalloxidation unterbrochen. Um eine ausreichende Betriebssicherheit zu erreichen, wird diese Kontaktstelle mit einem zusätzlichen elektrischen Schalter überbrückt.

Für die Polarisierung benötigt man eine Zusatzschaltung mit zwei Relais.



Als Relais eignet sich jeder monostabile Typ für 5 V= mit mindestens einem Schließer-Kontakt. Da solche Relais in der Regel in einem recht breiten Spannungsbereich arbeiten, funktionieren in der Regel auch 6V-Typen. Monostabil bedeutet, das Relais zieht an, wenn Spannung anliegt, und fällt wieder ab, wenn die Spannung nicht mehr da ist. Da über den Relaiskontakt der Fahrstrom fließt, muss die Strombelastbarkeit des Kontakts ausreichend groß sein.



Auch hier gilt: maximal dürfen 25 mA aus einer Rückmeldeleitung gezogen werden. Ist der Strombedarf des Relais höher, muss unbedingt eine zusätzliche Schaltstufe eingesetzt werden, sonst kann der Mikrocontroller zerstört werden.

Die Freilaufdiode parallel zum Relais ist wichtig, damit beim Ausschalten des Relais die entstehende Selbstinduktionsspannung vernichtet wird. Hier reicht eine einfache Diode wie 1 N 4148 aus.



Bei vielen Weichen sind beide Zungenschienen mit dem Herzstück elektrisch leitend verbunden. Damit führt die abliegende Weichenzunge das Potential der anderen Schiene. Die isolierende Lücke kann beim Befahren mit einem Metallrad auch schon einmal geschlossen werden, und es entsteht ein Kurzschluss im Fahrstromkreis. Sichere Abhilfe schafft die Trennung der Zungenschienen vom Herzstück, beim Stellen der Weiche wird nur die anliegende Zungenschiene an das Herzstück geschaltet. Dazu benötigt man ein Relais mit zwei Schaltkontakten.

Möchte man zusätzlich die optische Rückmeldung, so kann man die Leuchtdioden mit ihrem jeweiligen Vorwiderstand parallel zu den Relais schalten.

5.4 Doppelweiche

Mit Doppelweiche sind entweder zwei hintereinander oder gegenüberliegende einfache Weichen (EW), eine einfache Kreuzungsweiche (EKW) oder eine Doppelkreuzweiche (DKW) gemeint. EKW und DKW haben zwei eigenständige Weichenzungen-Systeme. Die DKW der Bauart Baeseler hat allerdings nur einen Antrieb.

Für die zwei Antriebe kann die Grundsaltung ohne oder mit optischer Rückmeldung verwendet werden. Benötigt man die Herzstückpolarisierung, so sind die Relais für jeden Antrieb einzusetzen.

5.5 zweibegriffiges Formsignal mit Zusatzsignal

Ein zweibegriffiges Formsignal ist ein Signal mit zwei verschiedenen Signalstellungen:

am Signal ein. Wenn das Licht im Zusatzsignal mit einer Leuchtdiode erzeugt wird, benötigt man noch den passenden Vorwiderstand.

Mit dem einrastenden Handschalter S3 kann die Signallaterne eingeschaltet werden. Als Vorwiderstand ist der Widerstand R6 auf der Platine vorgesehen. Wird dieser Widerstand nicht benötigt, baut man eine Drahtbrücke ein. Sinnvollerweise schaltet man die Signalbeleuchtung aller Signale über einen gemeinsamen Schalter.

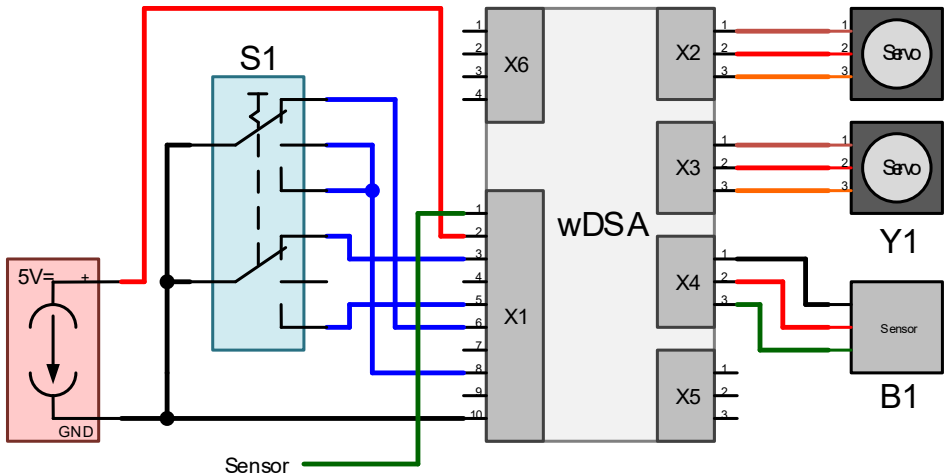
5.6 dreibegriffiges Formsignal mit Signalsensor

Ein dreibegriffiges Formsignal ist ein Signal mit drei verschiedenen Signalstellungen:

<i>Typ</i>	<i>Signalstellung 1</i>	<i>Signalstellung 2</i>	<i>Signalstellung 3</i>
Hauptsignal	Halt	Fahrt	Langsam-Fahrt
Vorsignal	Halt erwarten	Fahrt erwarten	Langsam-Fahrt erwarten

Das Signal hat zwei verstellbare Anzeigeelemente. Damit benötigt man auch zwei Antriebe. Der Antrieb Y1 stellt beim Hauptsignal den oberen Signalflügel oder beim Vorsignal die Scheibe. Der Antrieb Y2 stellt beim Hauptsignal den unteren Signalflügel oder beim Vorsignal den Zusatzflügel.

Zum Stellen des Signals dient der einrastende Handschalter S1, damit zeigt die Schalterstellung auch die Signalstellung an. Dieser Schalter hat hier drei Stellungen und zwei Kontaktsätze. Die Halt-Stellung steuert beide Servos so, dass die beiden Signalflügel in die Haltstellung gehen. In der mittleren Fahrtstellung wird nur der Antrieb Y1 gestellt, in der Stellung Langsamfahrt werden beide Antriebe gestellt.

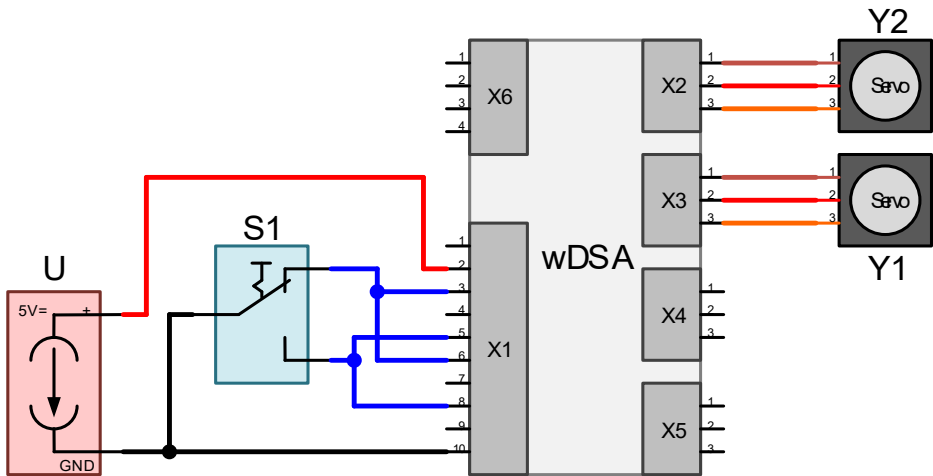


An der Anschlussleiste X4 ist ein externer Sensor angeschlossen. Der Sensor liegt hinter dem Signal im Gleis und zeigt die Vorbeifahrt der Zugspitze am Signal an. Ein solcher Sensor kann zum Beispiel eine Lichtschranke sein. Die Steckerleiste stellt für den Sensor die 5V-Betriebsspannung bereit. Das Sensorsignal wird von X4 direkt auf die Anschlussleiste X1 durchgeschleift. Das erspart ein zusätzliches Kabel vom Sensor zum Stellpult, wenn das Kabel für die Signalsteuerung eine zusätzliche Ader führt. Mit dem Sensor kann die Vorbeifahrt des Zuges am Signal festgestellt werden, und das Signal zugbedient auf Halt gestellt werden.

5.7 Schranken

Bei einem beschränkten Bahnübergang wird jede Schranke mit einem eigenen Servo angetrieben. Das ermöglicht eine individuelle optimale Einstellung der Schrankenpositionen.

Zum Schließen und Öffnen der Schranken dient der einrastende Handschalter S1, er steuert beide Antriebe.



5.8 Servo-Zucken vermeiden

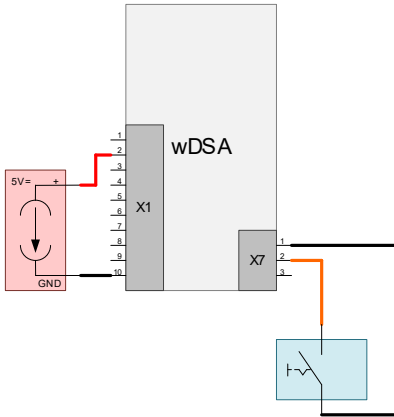
Wenn die Betriebsspannung an ein analoges Servo gelegt wird, und die Steuerpulse noch nicht vorhanden sind, versucht das Servo, in eine Endlage zu laufen. Das führt je nach verwendetem Servo zu einer nicht kontrollierbaren Bewegung. Sind die Steuerimpulse da, versucht das Servo, immer die vorgegebene Position zu halten. Auch das führt oft zu einer ständigen Nachregelung der Servo-Position. Je nach der hinter dem Servo liegenden Mechanik ist das einigermaßen ungefährlich wie zum Beispiel bei einem Federstahldraht für einen Weichenantrieb, der verarbeitet diese Zuck-Bewegung problemlos. Bei anderen Ausführungen könnte es aber durchaus eine kritische Belastung für die Mechanik geben. Dazu kommt eine gewisse Geräuschentwicklung des Servos, die durchaus stört.

Um dieses Servo-Zucken zu vermindern, wurden verschiedene Maßnahmen realisiert. Jeder Servo hat an seiner Signalleitung mit R7 und R8 einen 4,7 kΩ Widerstand nach +5V. Die Spannung für die Servos wird nach einer kurzen Einschaltverzögerung über den N-Kanal-MOSFET T1 zugeschaltet.



Es wird als N-Kanal-MOSFET ein SMD-Typ „IRLML2402“ für einen Dauerstrom von 1,2 A verwendet, es dürfen aber auch gerne andere baugleiche Typen verwendet werden wie z. B. IRLML2502 mit einer Strombelastbarkeit von 4,2 A.

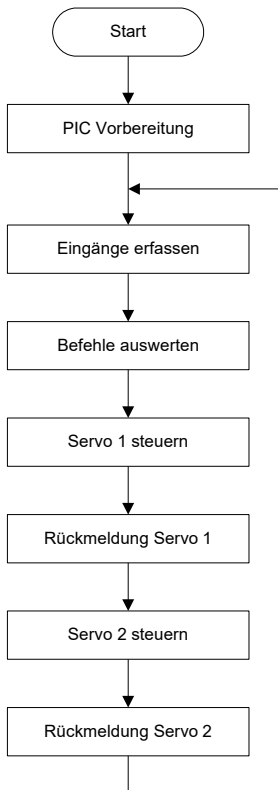
Wenn man das Abschalten der Servos gelegentlich ausschalten möchte, kann man an der Leiste X7 am Pin 2 über einen Schalter nach GND legen. Liegt Pin 2 auf GND, wird die Versorgung der Servos nicht mehr abgeschaltet.



Ab Software-Version 5 kann die Spannung der Servos auch nach Erreichen der eingestellten Positionen abgeschaltet werden. Dieses Verhalten wird durch Einstellungen in der Mikrocontroller-Software festgelegt.

6 Programm des Mikrocontrollers

Man muss das Rad ja nicht neu erfinden, deshalb greift man gerne auf Bewährtes zurück. Grundlage des Programms für den Mikrocontroller ist daher das Programm *ServoAnsteuerung ohne Digital-Schnick-Schnack* von Michael Zimmermann. Neben den notwendigen Anpassungsarbeiten hat er zusätzlich die neuen Eigenschaften für wDSA hinzugefügt.



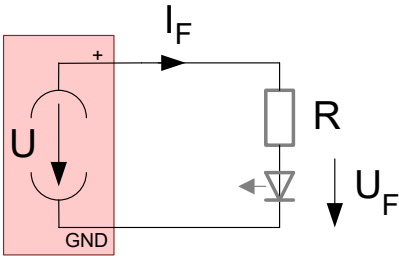
Das Programm ist vollständig in PIC-Assembler geschrieben. Der Quellcode des Programms wird hier nicht veröffentlicht.

7 Berechnung des Vorwiderstands von Leuchtdioden

Wie macht man das? Diese Frage wurde in der Vergangenheit von Modelleisenbahnern schon oft und immer wieder gestellt. Deshalb gibt es hier einen kleinen Exkurs in die Elektrotechnik.

Da üblich verwendete Spannungsquellen in der Regel eine sehr viel höhere Spannung als die Durchlassspannung einer Leuchtdiode liefern, **muss** die Leuchtdiode immer über einen Vorwiderstand an eine solche Spannungsquelle angeschlossen werden. Das ist sehr ernst gemeint, die Hervorhebung von „muss“ durch Fettschrift und das zusätzliche Unterstreichen soll die wirkliche Notwendigkeit dieser Maßnahme verdeutlichen.

Der Stromkreis sieht dann so aus.



Der Vorwiderstand muss die Spannung vernichten, die die Spannungsquelle „zu viel“ liefert und berechnet sich nach der Formel

$$R = \frac{U - U_F}{I_F}$$

R ist der Vorwiderstand. U ist die Betriebsspannung. U_F ist die Durchlassspannung und I_F der Durchlassstrom der Leuchtdiode, beide hängen vom verwendeten Leuchtdioden-Typ ab. Außerdem ist es oft so, dass eine Leuchtdiode nicht unbedingt mit dem maximalen Durchlassstrom betrieben werden muss, um ausreichend hell zu leuchten. Da Widerstände nur in fest abgestuften Werten verfügbar sind, man nimmt dann einfach den nächsten höheren verfügbaren Wert als ausgerechnet. Eine Widerstands-Toleranz von 5% ist völlig ausreichend.

Die Betriebsspannung U sei 5 V.

Dimensionierungshilfe für den Vorwiderstand von Leuchtdioden				
Leuchtdioden-Typ	U_F	I_F	R_v	Widerstand
rot Standard	1,6 V	20 mA	170 Ω	180 Ω
gelb Standard	2,2 V	20 mA	140 Ω	150 Ω
grün Standard	2,4 V	20 mA	130 Ω	150 Ω
rot stromsparend (Low Current)	1,6 V	2 mA	1,7 k Ω	1,8 k Ω
gelb stromsparend (Low Current)	2,2 V	2 mA	1,4 k Ω	1,5 k Ω
grün stromsparend (Low Current)	2,4 V	2 mA	1,3 k Ω	1,5 k Ω

Wenn man die Werte der Leuchtdiode gar nicht kennt, schaue man bitte in das Datenblatt des Herstellers. Datenblätter werden zum Beispiel auf der Internet-Seite des Herstellers und oft auch vom Lieferanten zur Verfügung gestellt.

Moderne Leuchtdioden haben mitunter eine sehr starke Leuchtkraft. Das ist bei der Modelleisenbahn aber dann meistens eher viel zu viel, deshalb muss man solche Leuchtdioden oft sogar nur mit einem Bruchteil des Durchlassstroms betreiben, teilweise reichen da sogar nur 10% des Nennwerts. Hier muss man gegebenenfalls den geeigneten Wert des Vorwiderstands experimentell ermitteln.

8 Inbetriebnahme

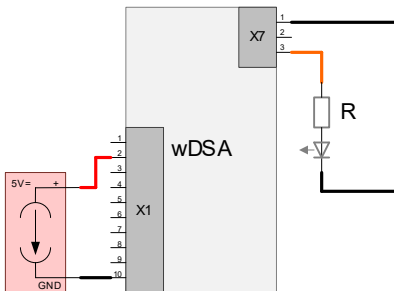
Nach dem ortsfesten Einbau und der Herstellung aller notwendigen elektrischen Anschlüsse ist die Schaltung bereit zur Inbetriebnahme.

Zunächst ruft man den Inbetriebnahme-Modus auf. Dazu schaltet man die Versorgungsspannung ab, hält den Taster S1 gedrückt und legt die Versorgungsspannung wieder an. Für eine Kontrolle dieses Modus kann man an der Leiste X7 am Pin 3 eine LED mit Vorwiderstand nach GND schalten.



Der Widerstand R10 darf nicht eingebaut sein. Auch hier gilt: maximal dürfen 25 mA aus dem Anschluss gezogen werden.

Die LED leuchtet, wenn der Inbetriebnahme-Modus eingeschaltet ist.



Nun stellt man die Servo-Positionen ein und speichert sie.

Anschließend startet man den normalen Betrieb.

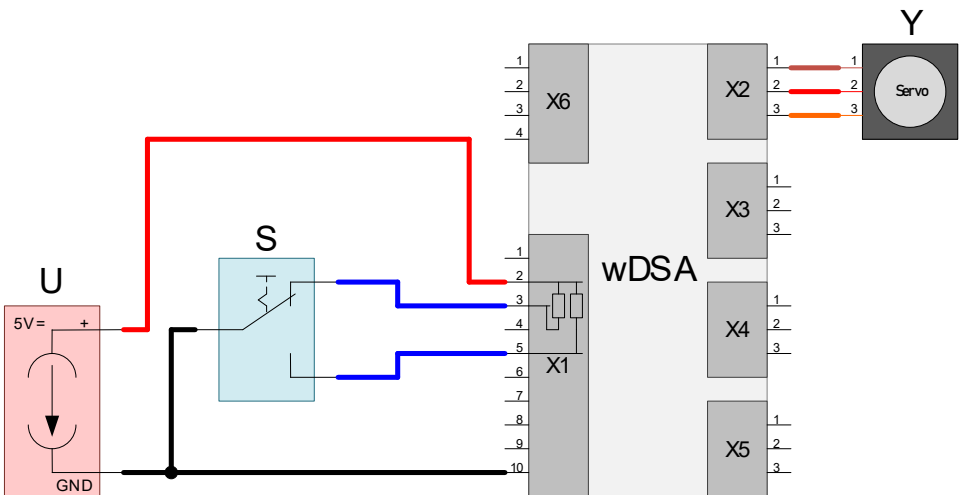
Die Schaltung selbst ist ansonsten wartungsfrei.

9 Hinweise zum Aktiv 1-Stellen

Bei Nutzung des Stellens mit Aktiv 1-Signalen muss man darauf achten, dass auch echte Aktiv 1-Signale an den Stelleingängen anliegen.

9.1 Beispiel Aktiv 0 mit Pull-Up-Widerständen

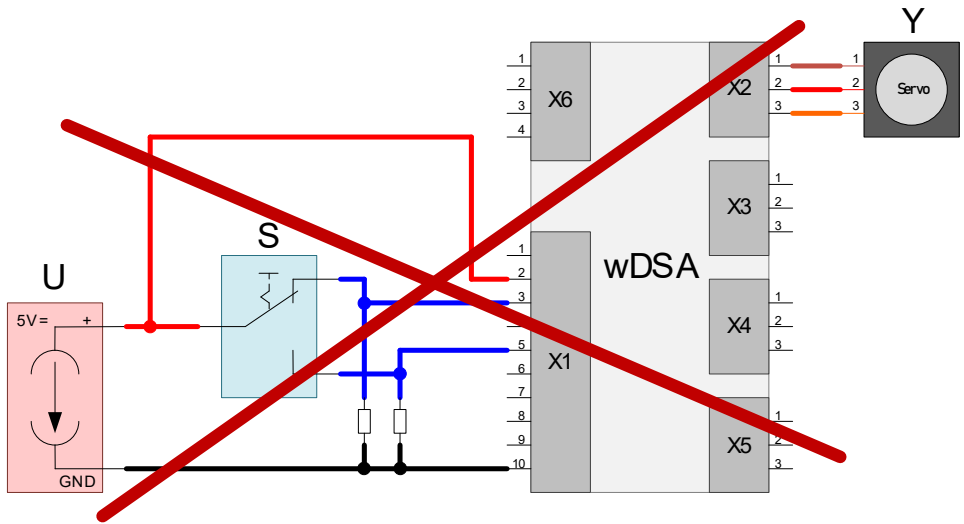
Bei Aktiv 0-Stellen setzt man aus Gründen der Vereinfachung gerne Pull-Up-Widerstände ein, weil dann kein Umschalter, sondern ein einfacher Schließer gegen GND ausreicht. Diese Widerstände sind bereits im Mikrocontroller enthalten und müssen daher nicht extra eingebaut werden.



9.2 Beispiel Aktiv 1 mit Pull-Down-Widerständen

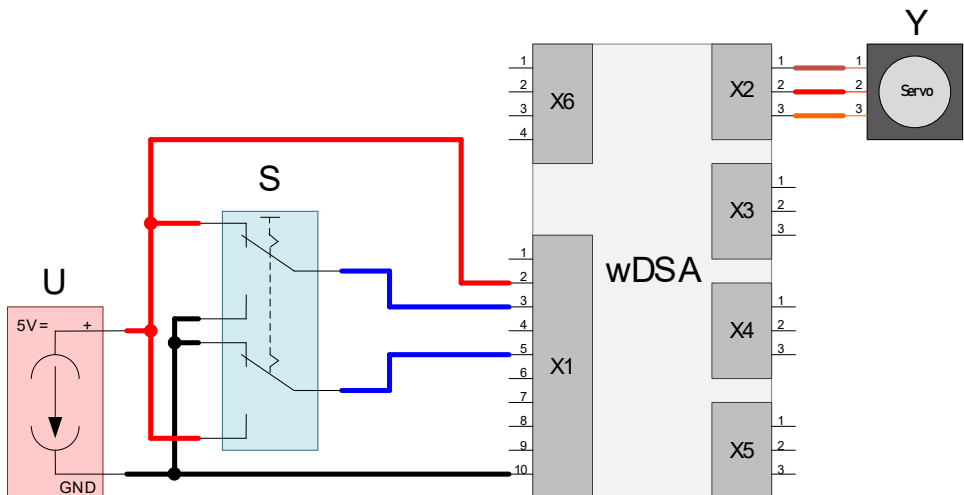
Es ist ja naheliegend, so etwas ähnliches wie bei Aktiv 0 zu tun, nämlich Widerstände zu verwenden, die jetzt gegen GND liegen. Solche Pull-Down-Widerstände sind nicht im Mikrocontroller enthalten, daher muss man sie extern einbauen.

Leider funktioniert das so aber nicht, denn durch die inneren Bauteile des Mikrocontrollers stellt sich am Eingang, der über den Widerstand auf GND gezogen werden soll, eine Spannung von gut 2 V ein, das ist eben nicht mehr GND. Der Mikrocontroller erkennt kein einwandfreies Signal, und die Schaltung arbeitet nicht richtig.



9.3 So macht man es richtig

Widerstände braucht man hier gar nicht. Es ist aber ein zweifacher Umschalter zum Stellen eines Servos notwendig.



Jeder Eingang hat jetzt seinen eigenen Schalter, die beide gemeinsam bedient werden.

So funktioniert es.

10 Lieferumfang

Die Schaltung wDSA kann in mehreren Ausführungen geliefert werden:

- fertig aufgebaute Platine, PIC programmiert mit den ausgewählten Einstellungen
- Bauteile und Platine als Bausatz, PIC nicht programmiert
- Bauteile und Platine als Bausatz, PIC programmiert mit den ausgewählten Einstellungen
- nur programmierter PIC mit den ausgewählten Einstellungen
- übersetztes PIC-Programm mit den ausgewählten Einstellungen als HEX-Datei zum Selbstprogrammieren

11 PIC-Programm-Einstellungen

Die Einstellungen im PIC-Programm sollten passend zu den eigenen Bedürfnissen gewählt werden.

<i>Einstellung</i>	<i>möglicher Wert</i>		<i>Standardwert bei Auslieferung ohne Vorgabe</i>
Servo-Stellbereich	Standard	1..2 ms	erweitert
	erweitert	0,5..2,5 ms	
Laufzeit	INC_DEC=1 INC_20=1 für Signal und Weiche		Signal/Weiche
	INC_DEC=1 INC_20=5 für Schranke		
Stellbefehle	Aktiv 0		Aktiv 0
	Aktiv 1		
Rückmeldungen	statisch in Endposition		statisch
	blinken bei unbekannter Position		

In der Regel kommt man immer mit dem erweiterten Stellbereich aus.

Laufzeiten wurden bisher nur für Formsignale und Schranken ermittelt. Hier wird man voraussichtlich ein wenig experimentieren müssen, bis man die richtigen Werte für seinen Antrieb herausgefunden hat. Rückmeldungen für neue gefundene Werte werden hier auch gerne dokumentiert.

INC_DEC und INC_20 sind die Parameter-Namen im PIC-Programm. Der Wert von INC_DEC ist die Erhöhung der Anzahl der Schritte zwischen den beiden Positionen zwischen zwei Takt-Impulsen. Ein größerer Wert führt zu schnellerem Erreichen der anderen Position, ist die Schrittweite jedoch zu groß, macht das Servo Positionssprünge. Der Wert von INC_20 ist die Anzahl der Taktimpulse, die verstreichen müssen, bevor die nächste INC_DEC-Änderung stattfindet. Ein höherer Wert macht die Laufzeit länger, das bedeutet, es dauert länger, bis die End-Position erreicht ist. Ist dieser Wert zu groß, wird die Bewegung ruckelig.

Ob die Stellbefehle bei Aktiv 0 oder Aktiv 1 auslösen sollen, muss jeder für sich entscheiden. Aktiv 0 macht Sinn, wenn man wDSA zum Beispiel direkt mit mechanisch bedienten Schaltern steuern möchte. Aktiv 1 wird man in der Regel bevorzugen, wenn die Stellbefehle aus einer anderen Elektronikschaltung kommen.

Das Blinken bei den Rückmeldeausgängen ist nur dann interessant, wenn man eine optische Anzeige anschließt. Dann zeigt das Blinken an, dass im Permanentenspeicher der Steuerung noch keine Position abgespeichert wurde. Das ist immer nach der allerersten Inbetriebnahme der Fall. Bei der Verwendung für einen Weichenantrieb mit Herzstückpolarisierung durch Relais an den Rückmeldeleitungen darf das Blinken aber nicht eingeschaltet sein, weil sonst die Relais „blinken“ und für die falsche Weichenstellung einen Kurzschluss verursachen würden.

Mehr Möglichkeiten gibt es zurzeit nicht.

Anpassungen der Einstellungen müssen direkt in der HEX-Datei vorgenommen werden. Anschließend muss der PIC mit dieser HEX-Datei neu programmiert werden. Danach erfolgt wieder die Inbetriebnahme. Erst dann kann man den normalen Betrieb aufnehmen.



Michael Zimmermann bietet auch ein Windows-Programm an, mit dem die Einstellungen (nicht die Servo-Endpositionen) direkt in der Hex-Datei gesetzt werden können. Damit muss man keine Entwicklungsumgebung zum Übersetzen des Quellcodes aufbauen.

In diesem Programm heißen die Einstellungen

INC_DEC Servo1 – Speed1 – Änderung um x Inkremente zwischen zwei 20 ms-Impulsen
INC_20 Servo1 – Speed1 – bei jedem x-ten Impuls

Bei Interesse an diesem Programm wendet man sich bitte direkt an Michael Zimmermann.

12 Wie kommt die geänderte HEX-Datei in den PIC?

Programmiergeräte für PIC-Mikrocontroller gibt es viele. Und im Prinzip tut es jedes, dass eine HEX-Datei einlesen und unverändert in den PIC schreiben kann. Es gibt professionelle Geräte, man kann auch selber eins bauen. Bevor man selber baut, sollte man sich auch die dazugehörige Software ansehen, ob die zum eigenen Rechner passt.

Entsprechend unterschiedlich sind die Preisklassen der Programmiergeräte. Um mal gelegentlich einen PIC zu programmieren, muss man sicherlich nicht den ICD4 kaufen.

12.1 PICKit3 und MPLAB 8.92

Ein oft relativ preisgünstig angebotener Programmierer vom Microchip ist PICKit3 in Verbindung mit der kostenfreien Software MPLAB (für Windows-PCs). In den klassischen Verkaufsplattformen tummeln sich auch die Angebote der PICKit3-Nachbauten zu deutlich geringeren Preisen. Zu PICKit3 gehört aber unbedingt noch der dazugehörige IC-Fassung-Adapter. Dieser Adapter wird über die sechsadrigte Leitung mit dem Programmierer verbunden, dabei bitte auf die richtige Lage achten, es gibt keinen Verdrehschutz. Die Ader, die am PICKit3 am aufgedruckten Pfeil sitzt, gehört am Adapter am nächsten zur Fassung. PICKit3 wird über USB mit einem Rechner verbunden und benötigt zum Programmieren kein eigenes Netzteil.

MPLAB kann man von den Microchip-Internetseiten herunterladen, einfach nach MPLAB 8.92 suchen. Gegebenenfalls muss man sich bei Microchip registrieren. Die schon etwas betagte Version 8.92 ist trotz des Alters immer noch genau das Richtige. Beim Installieren bitte darauf achten, dass die PICKit3-Unterstützung auch installiert wird.

Bevor man mit dem Programmieren loslegt, muss noch der Adapter passend für den PIC eingestellt werden. Auf der Platine sind etliche Hinweise aufgedruckt, wie die Steckbrücken neben der Fassung zu setzen sind. Der PIC 16F690 hat ein 20poliges DIL-Gehäuse, dafür muss an J1 die Brücke B und an J2 und J3 jeweils die Brücke 2-3 gesteckt werden. Der 16F690 wird dann wie aufgedruckt hinten bündig eingesetzt.

Nach dem Start von MPLAB ist im Menü mit Configure/Select Device oben links das Device PIC 16F690 auswählen.

Mit Programmer/Select Programmer den PICKit3 auswählen. Die Warnhinweise kann man einfach bestätigen, solange noch kein PIC eingesteckt ist. Ist alles richtig

verbunden, gibt es eine entsprechende Statusmeldung. Den Fehler mit der ID kann man ignorieren, denn der PIC ist ja noch nicht eingesteckt.

Mit Programmer/Settings auf der Seite Power die Spannung auf 4,875 V stellen. Die Warnhinweise bestätigen.

Den PIC in die Fassung einstecken und den Hebel herunterdrücken.

Programmer/Reconnect aufrufen, jetzt sollte eine Statusmeldung ohne Fehler angezeigt werden.

War der PIC schon einmal programmiert, mit Programmer/Erase Flash Device den PIC löschen.

Mit File/Import die gewünschte HEX-Datei auswählen.

Mit Programmer/Program das Programm in den PIC schreiben. Erscheint die Erfolgsmeldung, hat alles geklappt. Hebel der Fassung hochstellen, den PIC herausnehmen und ausprobieren.

13 Rechtliches

The Schematic and Board is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License,
See <<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/legalcode>>.

This program is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

14 Verweise

Michael Zimmermann

ServoAnsteuerung ohne Digital-Schnick-Schnack

Internet: <http://www.kruemelsoft.privat.t-online.de/servo.htm>

Michael Zimmermann

Merscheider Schacht

Internet: <http://www.kruemelsoft.privat.t-online.de/schacht.htm>

Reichelt Elektronik

Internet: <https://www.reichelt.de>

Servos und Steckverbindungen für Servos

Da es sehr viele Informationen zu Servos gibt, macht es keinen Sinn, hier alle aufzuführen.

PIC Mikrocontroller

Microchip

Internet: <https://www.microchip.com>

15 Versionsgeschichte

Handbuch Version 1

18.02.2013

Initiale Dokumentation für Hard- und Software Version 1

Handbuch Version 2

27.08.2016 Änderungen von Michael Zimmermann

Anpassungen zur Hardware Version 2 und Software Version 4

Zuordnung der Drehsteller zum Servo vereinheitlicht:

X2 = oberer Servo-Anschluss = obere Drehsteller

X3 = unterer Servo-Anschluss = untere Drehsteller

Inbetriebnahme-Modus

Maßnahmen zur Vermeidung eines möglichen Servo-Zuckens

Schaltplan und Stückliste aktualisiert

Handbuch Version 3

14.08.2018 Änderungen von Michael Zimmermann

Lizenzhinweise ergänzt

Handbuch Version 4

22.08.2018

Aufnahme der Platinen-Version in die Dokumentation

Erklärung hinzugefügt, wie ein Servo funktioniert

Überarbeitung einiger Textpassagen

28.12.2018 Änderungen von Michael Zimmermann

Hinweise zur Servo-Abschaltung

Handbuch Version 5

22.05.2020 Änderungen von Michael Zimmermann

Mit Hardware Version 2 und Software Version 5 können die Servos in der Endlage abgeschaltet werden

Handbuch Version 6

03.06.2020 Änderungen von Michael Zimmermann

Mit Hardware Version 2 und Software Version 6 kann das Abschalten der Servos in der Endlage über eine Steckbrücke deaktiviert werden

Handbuch Version 7

22.12.2020 Änderungen von Wolfgang Hückel

Hinweise zum Aktiv 1-Stellen

Redaktionelle Überarbeitung

Format-Überarbeitung

Umstellung auf Buch

Handbuch Version 8

10.11.2022 Änderungen von Wolfgang Hückel

Schaltbild besser lesbarer, zu kleine Schriften ersetzt

Redaktionelle Überarbeitung

Beispiel für Servo-Abschaltung ausschalten

Beispiel für Anzeige des Inbetriebnahme-Modus

Notizen:

