

Projekt :
ATC - Modellbahnsteuerung

Autor: R.Fried
Stand: 30.12.204

Übersicht zur Elektronik

Die Modellbahn wird von einem PC, Laptop oder Tablet gesteuert. Das hat den Vorteil, daß man kein Schaltbrett herstellen muß. Per Programm kann das Layout flexibel gestaltet und leicht geändert werden. Für Handsteuerung und Automatik wird das gleiche Programm verwendet, zusätzliche Verkabelung entfällt.

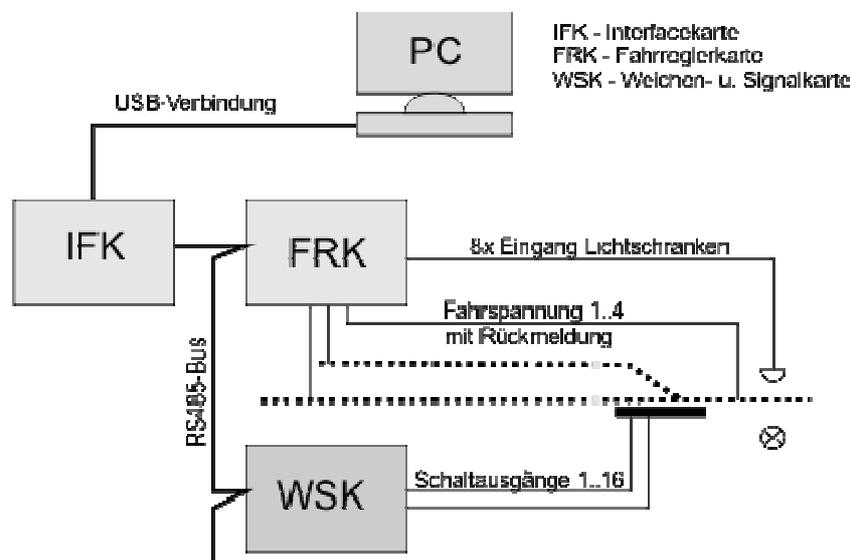
Im Wesentlichen werden je nach Aufgabe drei Modularten benötigt:

- IFK Interfacemodul
- FRK Fahrreglermodul
- WSK Weichen-Signal-Modul

Diese können durch spezielle Varianten ergänzt werden, wie

- WSK LED-Signalkarte (Wegfall der Treiberstufe)
- WKW Weichenkarte Wechselspannung (veränderte Treiberstufe)
- SVK Servokarte (8 Treiberstufen mit abschaltbarer Servospannung)
- Weitere.

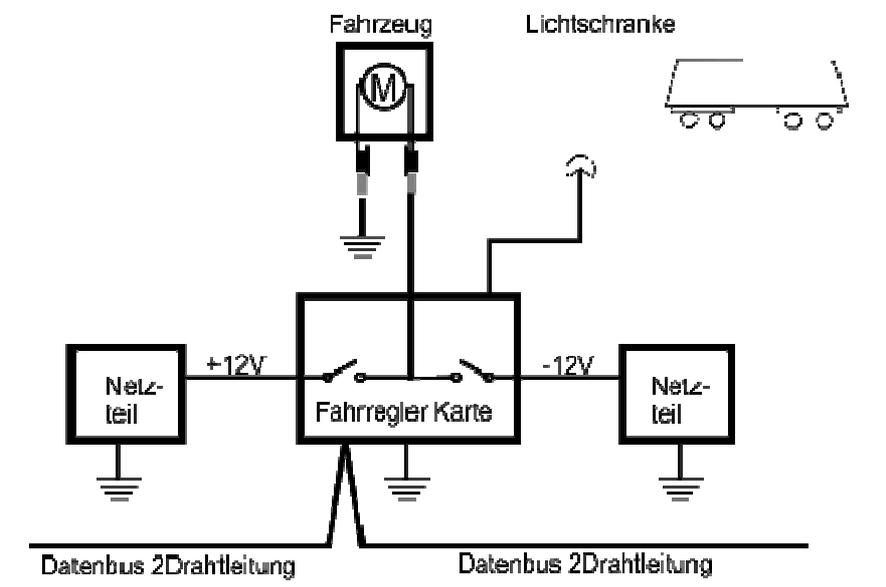
Alle Module sind durch einen RS485 Bus verbunden, hier eine verdrehte 2-Draht-Leitung, die an jedem Ende mit einem Abschlußwiderstand terminiert wird. Jedes Modul hat am Bus seine eigene Adresse, die per Software eingestellt wird. Das Interfacemodul übernimmt die Bussteuerung und stellt die Verbindung zum USB-Port des PC her. Es ist vorgesehen, daß die Module unter der Modellplatte vor Ort montiert werden, um lange und dicke Kabelbäume zu vermeiden. Neue Module können sehr einfach in den Bus eingefügt werden. Es sind bis zu 32 Teilnehmer an diesem Bus möglich, getestet bisher 8. Wenn diese nicht reichen, kann man mit Hilfe eines weiteren Interfacemoduls einen weiteren Bus aufbauen.



Damit die Leiterkarten auch in einer Hobbywerkstatt bestückt werden können, sind sie vorrangig mit bedrahteten Bauelementen bestückt, die Leitungsführung ist einseitig. Die verwendeten Steckverbinder (RS232-Verbinder, Stiflleisten) sind am Markt kostengünstig beschaffbar, fallen aber auch beim Ausschlichten alter PCs an. Eine Anschlußnummerierung ist entweder vorhanden oder leicht anbringbar.

Im System werden mindestens 4 verschiedene Gleichspannungen benötigt: +5V Betriebsspannung, +16..18V Zubehör, +12V und -12V Fahrspannung. Alle Module benötigen eine stabilisierte Betriebsspannung von +5 Volt. Den Strom kann man mit 20mA je Modul ansetzen. Einige Module können ihre Betriebsspannung aus einer anderen Quelle (z.B. 18V Zubehör) selbst bereitstellen. Eine minimalistisch bestückte Signalkarte versorgt u.U. die Signal-LEDs auch aus der 5V-Spannung.

Da die Schaltbefehle für Weichen auf dem Bus nacheinander geschaltet werden, fällt diesbezüglich der Strombedarf am +18V Netzteil nicht besonders hoch aus. Für die Auslegung des Zubehörnetzteils genügt es, den 2..4 fache Spitzenstrom eines Weichenantriebes einzukalkulieren. Hinzu kommt noch die Stromaufnahme der Lichtschranken. Pro Lichtschranke sind 15..20mA anzusetzen. Der Bedarf für die Haus- und Straßenbeleuchtung muß individuell berücksichtigt werden, wobei es auf Grund der busseitigen Entkopplung der Module auch möglich ist, mehrere Netzteile einzusetzen. Zur Versorgung der Lokomotiven werden zwei Fahrspannungen +12V und -12V an gemeinsamer Masse benötigt. Damit ist sowohl Vorwärts- als auch Rückwärtsfahrt möglich. Der Motor liegt somit in einer Brückenschaltung, wobei das Netzteil die eine Halbbrücke und der Fahrregler die andere Halbbrücke bildet. Je nach gewünschter Fahrtrichtung und Geschwindigkeit schaltet der Fahrregler den einen oder den anderen Brückenweig. Der Strombedarf ist abhängig von der Anzahl der gleichzeitig fahrenden Lokomotiven und deren mittleren Strombedarf (bei TT ca. 250mA/Lok). Bei Bereitstellung von mehr als 2A sollte man besser ein weiteres Netzteil einplanen, da im Kurzschlußfall die Weichenkontakte vor der Sicherung ihren Geist aufgeben. Die Höhe der Fahrspannung kann auch individuell variieren, zwischen 7V..24V sind möglich. Das ist von den Fahreigenschaften der verfügbaren Loks abhängig, empfohlen 9..14V.



Prinzipschaltbild Fahrregler

Eine Bauanleitung für Netzteile wird hier nicht gegeben, da entweder Vorhandene genutzt werden können bzw. kostengünstige Notebook-Netzteile einsetzbar sind. An anderer Stelle wird die Strombilanz bei einem bereits realisierten Modell nochmals behandelt.

Übersicht zur Software

Es werden diverse Programme, Firmware und Treiber benötigt. Es wird davon ausgegangen, daß mindestens das Betriebssystem Windows XP vorliegt. Die Module sind mit AVR's bestückt, das sind Microcomputer die je nach Anwendungsfall ihre Firmware benötigen, die i.d.R. einmalig auf den Chip gebrannt werden muß. Diese Firmware wird wurde vom Autor des Projekts entwickelt und wird entweder als Download zur Verfügung gestellt oder über eine andere Quelle gleich mit dem Chip geliefert.

Zum Brennen der AVR's muß man sich im Handel einen AVR-Brenner beschaffen, zu dem ein Treiber und die Brennsoftware gehört.

Da die verwendeten AVR's eine RS232-TTL-Schnittstelle und keine USB-Schnittstelle besitzen, wird für die Interfacekarte ein USB-RS232-Wandler benötigt. Auf der Interfacekarte ist ein Steckplatz für den Wandler UM2102 vorgesehen. Dieser Wandler benötigt einen Treiber, der vom Lieferanten i.d.R. als Download zur Verfügung gestellt wird. Er muß entsprechend den Herstellerangaben installiert werden.

Es wurden drei eigenständige Programme entwickelt:

ATCMain ist das Steuerprogramm der Modellbahnanlage. Basierend auf einem Gleislayout können hier Züge von Hand oder automatisch gesteuert werden. Zuvor müssen jedoch Informationen über die Modellbahnanlage zusammengestellt werden.

ATCConfig ermittelt die angeschlossenen Module. Es dient der Einstellung der Moduladressen und weiterer Eigenschaften. Diverse Ports können einzeln angesteuert und getestet werden.

ATCLayout dient der Erstellung des Gleislayouts, der Anordnung von Bedienelementen und deren Zuordnung zu den Modulanschlüssen.

Minimalausstattung Hardware

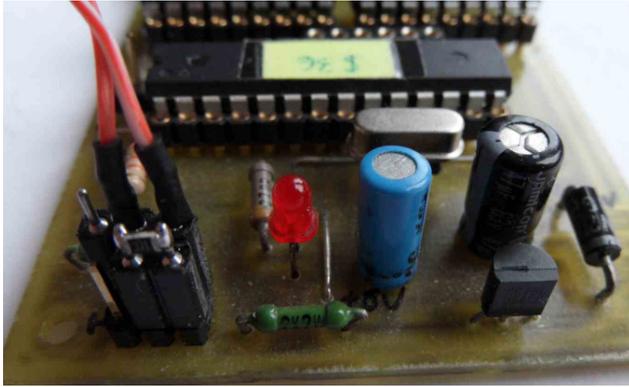
Interfacekarte IFK01 (IFC2313S8)

Die Interfacekarte übernimmt die Bussteuerung und stellt die Verbindung zum USB-Port des PC her. Außerdem wurden die noch freien Anschlüsse am Mikrocontroller zur Bildung eines 8Bit - Ausgabeports genutzt, das mit maximal 0,5A über alle Anschlüsse belastet werden darf.

Die Karte ist Zusammenhang mit dem PC der Master auf dem RS485 Bus. Alle anderen angeschlossenen Module sind Slaves. Das bedeutet Disziplin auf dem Bus. Der Master schaltet auf Schreiben und sendet den vom PC empfangenen Befehl auf die Leitung. Anschließend wird auf Empfang umgeschaltet, um die vom angesprochenen Modul gesendete Antwort zum PC zu senden. Es kann nur einen Master, aber mehrere Slaves am Bus geben. Jedes Modul muß eine eindeutige Adresse haben, mehrfache Adreßvergabe führt zum Buskonflikt.

Am Busende ist jeweils ein Abschlußwiderstand zu setzen. Der Bus ist als Linie zu verdrahten, d.h. die Datenleitung wird von Modul zu Modul gezogen. Sternverteilung oder Stichleitungen sind nicht erlaubt.

Der Abschlußwiderstand ist auf der Interfacekarte bereits integriert. Sollte es Gründe geben, die Karte mitten im Bus zu organisieren, muß der Widerstand R1=0,33K entfernt werden. Den zweiten Abschlußwiderstand führt man steckbar aus.



RS485 Busanschluß an einer FRK02



steckbarer Abschlußwiderstand

Die Adresse der Karte ist fest auf \$01 (Hexadezimal 1) eingestellt. Die Verbindung zum PC übernimmt ein USB-RS2232-TTL Wandler UM2102, für den auf der Platine ein Steckplatz vorgesehen ist. Der UM2102 erhält seine Betriebsspannung vom USB-Bus und wird beim Anstecken des USB-Kabels vom PC als USB-Gerät unmittelbar erkannt.

Der Mikrocontroller kann seine +5V Betriebsspannung wahlweise vom UM2102 oder aus der Anlage beziehen (Jumper JP1). Die Versorgung ist durch Dioden entkoppelt, damit der PC bei abgeschalteter Anlage diese nicht mit USB-Strom versorgt und umgekehrt der Strom aus der Anlage nicht den PC fließt.

Es gibt einen Betriebsfall, wo der Mikrocontroller oder der USB Port geschädigt werden kann. Das ist dann der Fall, wenn der Mikrocontroller keine Spannung von der Anlage erhält und JP1 offen ist. Dabei fließt der USB-Strom über die UM2102 Datenleitungen in den unversorgten Mikrocontroller. Im ungünstigsten Fall kann eine von der Anlage her falsch angelegte Betriebsspannung den USB Port des PCs zerstören!

Da nicht garantiert werden kann, welche Spannung zuerst da ist:

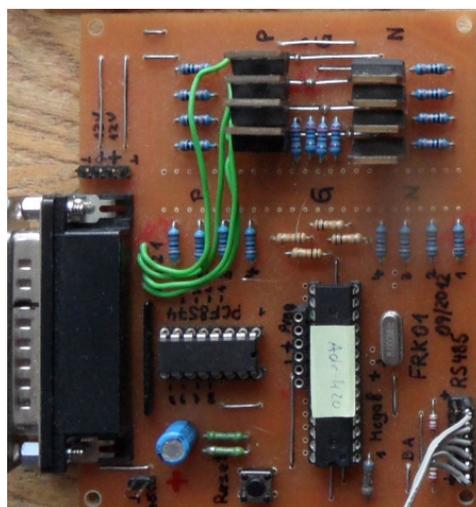
Im Einbaufall grundsätzlich JP1 schließen und
keine +5V Betriebsspannung von der Anlage anschließen!

LED Rot signalisiert die Betriebsspannung und den RESET-Vorgang.

LED Gelb signalisiert Traffic auf dem RS485 Bus.

Fahrreglerkarte FRK01

Die Fahrreglerkarte ist ein Slave-Modul, dessen Adresse per Firmware auf \$21 voreingestellt ist. Es empfiehlt sich vor endgültigem Einbau in das Modell die Adresse zu ändern. Ansonsten erschwert ein Buskonflikt das Einhängen einer weiteren Fahrreglerkarte.



Es können 4 Gleisabschnitte mit positiver oder negativer Fahrspannung versorgt werden. Die Fahrgeschwindigkeit ist je Richtung in 32 Schritten einstellbar. Der Fahrstrom sollte 2A nicht überschreiten, da die Endstufen aus Platzgründen nicht gekühlt sind. In jeden Fahrregler ist ein Gleisbesetzmelder integriert, der ab ca. 20mA anspricht.

Es stehen 8 Eingänge für Lichtschranken oder gegen Masse geschaltete Kontakte zur Verfügung. Standardmäßig sind jedem Fahrregler 2 Lichtschranken zugeordnet, können aber mit dem Konfigurationsprogramm beliebig zugeordnet werden.

Während des Modellbahnbetriebes kann zu jeder Lichtschranke eine Sofortreaktion eingestellt werden:

- Keine Reaktion (d.h. ungehindert vorbei fahren)
- Fahrspannung AUS, wenn unterbrochen (Stopp, Ziel erreicht)
- Fahrspannung AUS, wenn nicht unterbrochen (Stopp, Entkuppeln möglich)

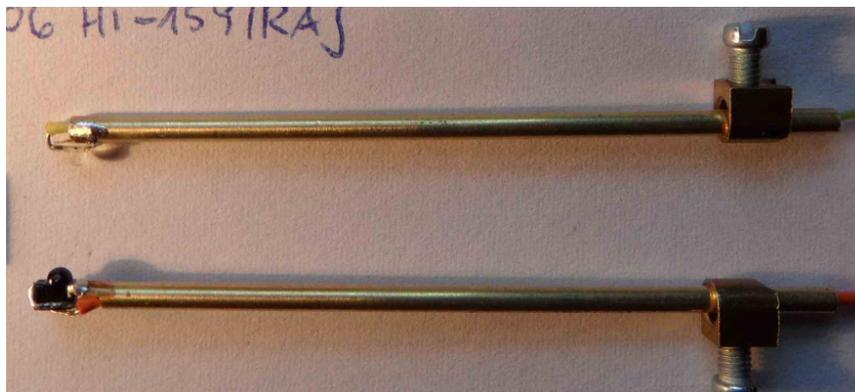
Die Karte enthält 4 FET Endstufen in einer Halbbrücke, deren Zweig per PWM angesteuert wird. Die FETs vertragen gekühlt zwischen 7A bis 70A. Aus Platzgründen sind sie nicht gekühlt, wobei 1A pro Gleisabschnitt kein Thema ist. Die Ankopplung zum Mikrocontroller ist mit Optokopplern realisiert. Sie arbeiten als Pegelwandler und entkoppeln die Fahrspannung vom Datenbus.

Die 8 Eingänge sind intern mit einem 22K Widerstandsarray gegen +5V geschaltet. Es ist darauf zu achten, daß keine Fremdspannungen über +5V in die Eingänge eingepeist werden.

Im Gegensatz zu den anderen Modulen erfolgt der Anschluß der FRK01 an die Modellbahnplatte mit einem 25pol. SubD Stecker.

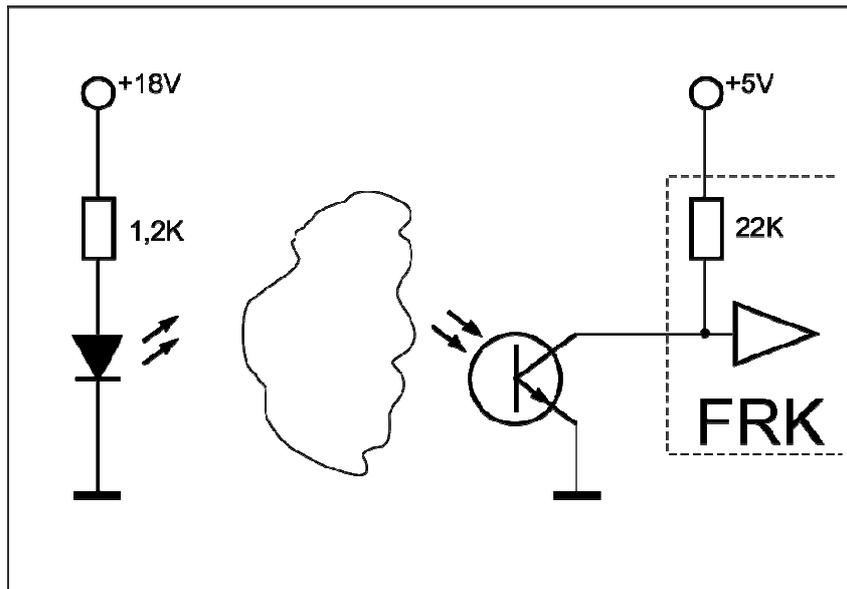
Tipps zur Lichtschranke

Es ist zweckmäßig die Lichtschranke aus 2 Messingrohren zu realisieren, da somit eine Höhen- und Winkelverstellung möglich ist. Sehr praktisch ist deren Justierung knapp oberhalb der Wagenpuffer.



Lichtschranke: Oben Sender, Unten Empfänger

Bei dem Empfänger ist das Rohr halbseitig angeschnitten, um eine Kabeldurchführung zu ermöglichen. Die Schraubverbindung wurde aus einer Lüsterklemme gewonnen, die an Masse geklemmt wird. Somit kann das Rohr im Reparaturfall leicht aus der Modellbahnplatte gezogen werden.



Schaltbild Lichtschranke

Tipps zur Fahrspannung:

Bei der Spur TT wird üblicherweise mit ungestabilisierter 0..12V Gleichspannung gefahren. Diese Spannung ist selbst für alte Loks zu hoch, außer man will eine Rennstrecke. Außerdem sollte diese Spannung wenigstens gesiebt sein, mind. 1000uF. Der Fahrregler kann die angelegte Spannung in 32 Schritte aufteilen. Die Loks fahren aber erst ab einer bestimmten Schrittweite sicher an. Es ergibt sich ein noch besserer Regelbereich, wenn die Gleichspannung auf 9..10V gesenkt werden kann. Mit drei in Reihe geschalteten Dioden erreicht man ca. 2,1V Spannungsabfall.

Es macht wenig Sinn, ein 10A Netzteil zur Verfügung zu stellen, da sonst alle Zweige einzeln abgesichert werden müssen. Mehrere kleine Stecker- oder Notebook-Netzteile können das besser! Außerdem fahren diese bei Kurzschluß ihre Spannung runter, es steht nur ein Teil der Anlage und um die Sicherungen muß man sich nicht kümmern.

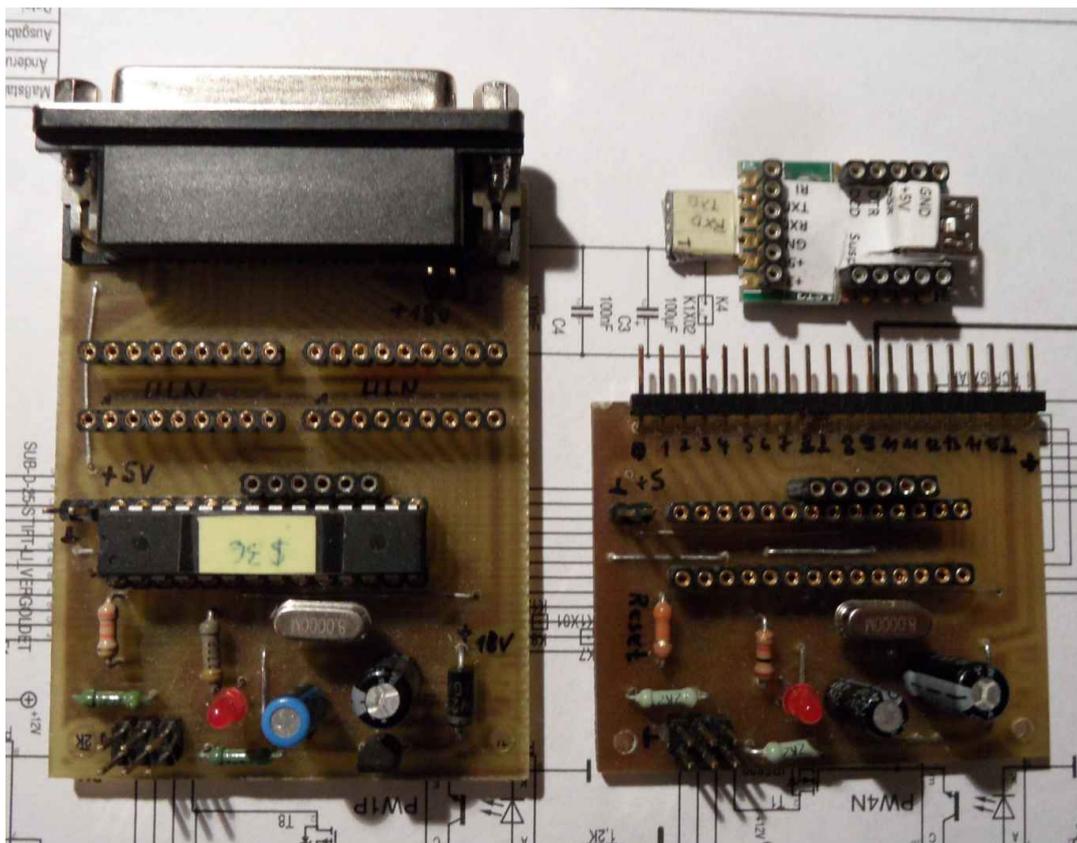
Weichen- und Signalkarte WSK02

Die Weichen- und Signalkarte ist ein Slave-Modul, dessen Adresse per Firmware auf \$31 voreingestellt ist. Es empfiehlt sich vor endgültigem Einbau in das Modell die Adresse zu ändern. Ansonsten erschwert ein Buskonflikt das Einhängen einer weiteren Weichen- und Signal-Karte. Die Karte soll Magnetartikel wie Relais, Weichen- und Signalantriebe aber auch Lampen und LEDs steuern. Es sind 2x8 Ausgänge vorhanden, wobei eine 8er Gruppe mit max. mit 0,5A belastbar ist. Diese Größenordnung ist bei neueren Weichenantrieben der Spur TT gerade so ausreichend. Im Zweifelsfall und vor allem bei älteren Antrieben müssen Kleinstrelais dazwischen geschaltet werden. Es gibt Überlegungen eine leistungsstärkere Karte zu bauen.

Sämtliche Verbraucher werden von Masse aus geschaltet. Die Betriebsspannung der Karte kann wahlweise aus der zentralen 5V Spannung oder intern aufbereitet aus der 18V Zubehörspeisung entnommen werden.

Normalerweise werden Magnetartikel mit 16V Wechselspannung betrieben. In den meisten Fällen sind sie mit einer 18V Gleichspannung betreibbar, was die Endstufe erheblich vereinfacht und deren Platzbedarf auf der Leiterkarte minimiert. Verbraucher, die unbedingt eine Wechselspannung benötigen, weil sie mit einer Halbwelle umgesteuert werden, können mit dieser Karte nicht betrieben werden.

Sollen nur LED-Gruppen betrieben werden, deren Gesamtstromaufnahme max. 40mA beträgt, kann unter Verzicht auf die Endstufe die Karte um 1/3 gekürzt werden. Dann müssen aber die Vorwiderstände an den LEDs verkleinert werden, da die Betriebsspannung +5V nicht überschreiten darf.



Links: WSK2 mit Steckplatz für Ausgangstreiber

Rechts: WSK2 gekürzt für LED-Betrieb

Rechts Oben: USB-Seriell Wandler UM2102

Das Verhalten jedes einzelnen Ausgangs kann durch das Konfigurations- oder Steuerprogramm eingestellt werden:

- invertierbare Ausgangslage für Ein oder Aus
- Impulsverhalten (Monoflop, Zeit einstellbar)
- Blinken (Zeit und Tastverhältnis einstellbar bis zu mehreren Sekunden)

Die Ausgänge können Bit-weise, Wort-weise und Byte-weise maskiert angesteuert werden.

Bit-weise: Ein bestimmter Ausgang wird geschaltet ohne die Lage der andern zu kennen. Zum Schalten eines Weichen- oder Signalantriebs.

Wort-weise: Es werden alle 16 Ausgänge auf einen Schlag gesetzt. Geeignet für Hausbeleuchtung, Straßenbeleuchtung.

Byte-weise maskiert: Es werden nur bestimmte Ausgänge mit einer max. 8 Bit breiten Maske gesetzt. Geeignet für Lichtsignale zum Schalten eines kompletten Signalbildes.

Die vollständig ausgerüstete Karte ist zum Anschluß an die Modellbahn mit einer 25pol. SubD-Buchse bestückt. Sie kann somit nicht den Steckplatz einer Fahrreglerkarte gesteckt werden. Die gekürzte Variante wird mit einer 20 pol. Stiftleiste bestückt, welche die verbliebenen Lötäugen der abgetrennten Endstufe benutzt.