

# ELV-Serie Modellbahn-Elektronik: Mikroprozessor-Fahr- und Schaltssystem Monolith 16

Für Gleich- und Wechselstrombahnen

Teil 2

*Im zweiten Teil dieses Artikels stellen wir Ihnen die komplette Schaltung dieses komfortablen Elektronik-Fahrpultes vor.*

## Zur Schaltung

Alle wesentlichen Funktionen des mikroprozessorgesteuerten Fahr- und Schaltsystems Monolith 16 werden von dem zentralen Single-Chip-CMOS-Mikroprozessor des Typs „ELV 8712“ (IC 3) gesteuert und kontrolliert. Hierzu zählt neben der Ablaufsteuerung für die Impulsgenerierung der Modellzugsteuerung auch die Codierung der Weichen- und Signalsteuerung. Darüber hinaus erfolgt die Tastenabfrage und Auswertung gleichzeitig mit der Ansteuerung der 7-Segment-Displays und der Leuchtdioden.

Das gesamte für diese Steuerung erforderliche, von ELV entwickelte Programmpaket ist vom IC-Hersteller direkt in diesem maskenprogrammierten Mikroprozessor implementiert. Er wird von der Firma NEC exklusiv für ELV hergestellt.

Nachfolgend wollen wir die auf den ersten Blick recht umfangreiche Schaltung im einzelnen beschreiben. Hierbei wird sich zeigen, daß es sich um ein insgesamt sehr übersichtlich gehaltenes Konzept handelt.

Die Stromversorgung sowohl der gesamten Elektronik als auch der zu betrieblenden Modellzüge, Weichen und Signale erfolgt aus einem Niedervolt-Wechselspannungsnetzteil, dessen Abgabespannung zwischen 15 V bis 18 V bei einer minimalen Strombelastbarkeit von 1 A liegen sollte. Es kann auch ein Gleichspannungsnetzteil zur Speisung dienen, dessen Ausgangsspannung zwischen 15 V und 25 V (typ. 20 V) liegen muß. Das Fahrpult selbst arbeitet aufgrund der internen 5 V-Stabilisierung auch ohne weiteres bei Spannungen bis herab zu 10 V. Für den Betrieb der daraus gespeisten Modellzüge ist diese Spannung im allgemeinen zu niedrig, so daß üblicherweise Transformatoren mit dem im Modellbahnbau gebräuchlichen Spannungswert von 16 V Einsatz finden werden.

Das Fahrpult besitzt durch die zahlreichen LED-Anzeigen einen Eigen-Strombedarf von ca. 0,5 A. Es empfiehlt sich deshalb von vornherein der Einsatz eines leistungsfähigen Transformators (16 V/2 A oder mehr – min. 1 A).

Über die in Brücke geschalteten Dioden D 1 bis D 4 erfolgt eine Gleichrichtung. C 1 übernimmt die Pufferung. Diese mit U 2 bezeichnete Gleichspannung dient zur di-

rekten Versorgung der beiden Endstufen (T 25 und T 27) sowie zur Speisung der 5 V Spannungsregelung. Hierzu wird die Gleichspannung über D 5 auf den mit IC 1, T 1 und Zusatzbeschaltung aufgebauten Schaltungsteil geführt. Die eigentliche Stabilisierung übernimmt der 5 V Festspannungsregler IC 1 des Typs 7805. Hier reicht jedoch die zu verarbeitende Verlustleistung aufgrund der hohen Spannungsdifferenz zwischen Speise- und Ausgangsspannung nicht aus, so daß ein zusätzlich gekühlter Leistungstransistor (T 1) zur Unterstützung herangezogen werden mußte. Sobald der durch das IC 1 und damit durch den Widerstand R 1 hindurchfließende Strom so groß wird, daß die zum Durchsteuern von T 1 erforderliche Basis-Emitter-Spannung an R 1 abfällt, wird T 1 leitend und übernimmt den zusätzlichen Strom. Das IC 1 hat somit lediglich einen Strom  $I = \frac{U_{BE}}{R 1} = \frac{0,7 \text{ V}}{10 \Omega} = 70 \text{ mA}$ . Da die Gesamtstromaufnahme der Elektronik bei ca. 0,5 A liegt, fließt somit der Hauptstrom über T 1. C 2 bis C 4 dienen der Pufferung und Schwingneigungsunterdrückung.

Bis auf den Spannungsanschluß  $V_{CC}$  (Pin 40) des Prozessors (IC 3), der für die Erhaltung der Speicherdaten im ausgeschalteten Zustand erforderlich ist, erfolgt die Versorgung der gesamten Elektronik aus der stabilisierten 5 V Festspannung.

Die Speicherversorgung wird über D 7 entkoppelt und einer Spannung entnommen, die über R 2 und D 6 ca. 0,7 V oberhalb der 5 V Festspannung liegt. Auf diese Weise wird die Diodenflußspannung von D 7 kompensiert, so daß an Pin 40 des IC 3 ebenfalls wieder ca. 5 V anstehen.

Bricht die Hauptstromversorgung durch das Ausschalten des Netzteils oder auch eines Netzspannungsausfalls zusammen, sperrt D 7, und die Versorgung der Speicher des IC 3 erfolgt aus den angeschlossenen NC-Akkus (Platinenanschlußpunkte „c, d, e“) über R 3.

Im Normalbetrieb werden die beiden NC-Akkus über R 3 geladen, während im Notstrombetrieb der Spannungsabfall an diesem Widerstand vernachlässigbar ist, da der Strombedarf zur Speicherstützung bei wenigen Mikroampere liegt und dadurch nahezu völlig vernachlässigbar ist.

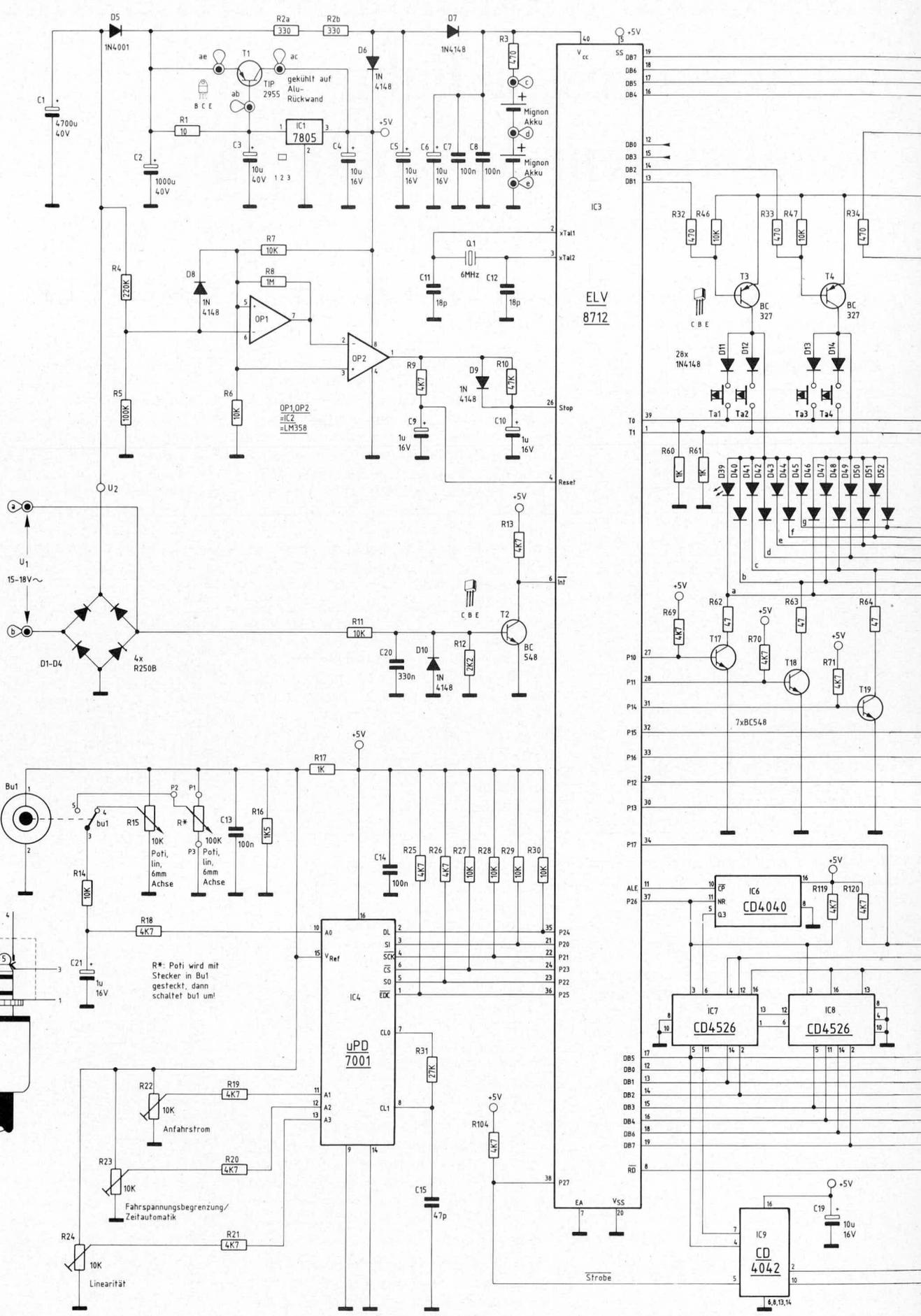
Damit die eingespeicherten Daten (Fahrstraßen-Weichenstellungen, Anfahr-Bremsverzögerung, Lupenbereich, Fahrtrichtung, Zeitautomatik) nach abgeschalteter Versorgungsspannung erhalten bleiben, ist zum einen die Akku-Pufferung des Pin 40 (IC 3) und zum anderen ein definiertes Setzen des Stop- und Reset-Anschlusses des IC 3 erforderlich (Pin 26 und 4). Die entsprechende zeitlich versetzte und für Ein- und Ausschaltmoment genau festgelegte Steuerung erfolgt über OP 1, 2 mit Zusatzbeschaltung. Seine Eingangsinformation erhält dieses Schaltungsteil über den Spannungsteiler R 4, R 5.

Die netzsynchrone 100 Hz-Steuerung der Ausgangsimpulse trägt u. a. zur hohen Störsicherheit des Gesamtsystems bei. Hierfür benötigt der Prozessor die Information der Phasenlage der Betriebs-Wechselspannung. Diese wird vor der Siebung über R 11 auf die Basis des Schalttransistors T 2 geführt. Am Kollektor steht dann ein 50 Hz-Rechtecksignal zur Synchronisierung des Prozessors über Pin 6 an.

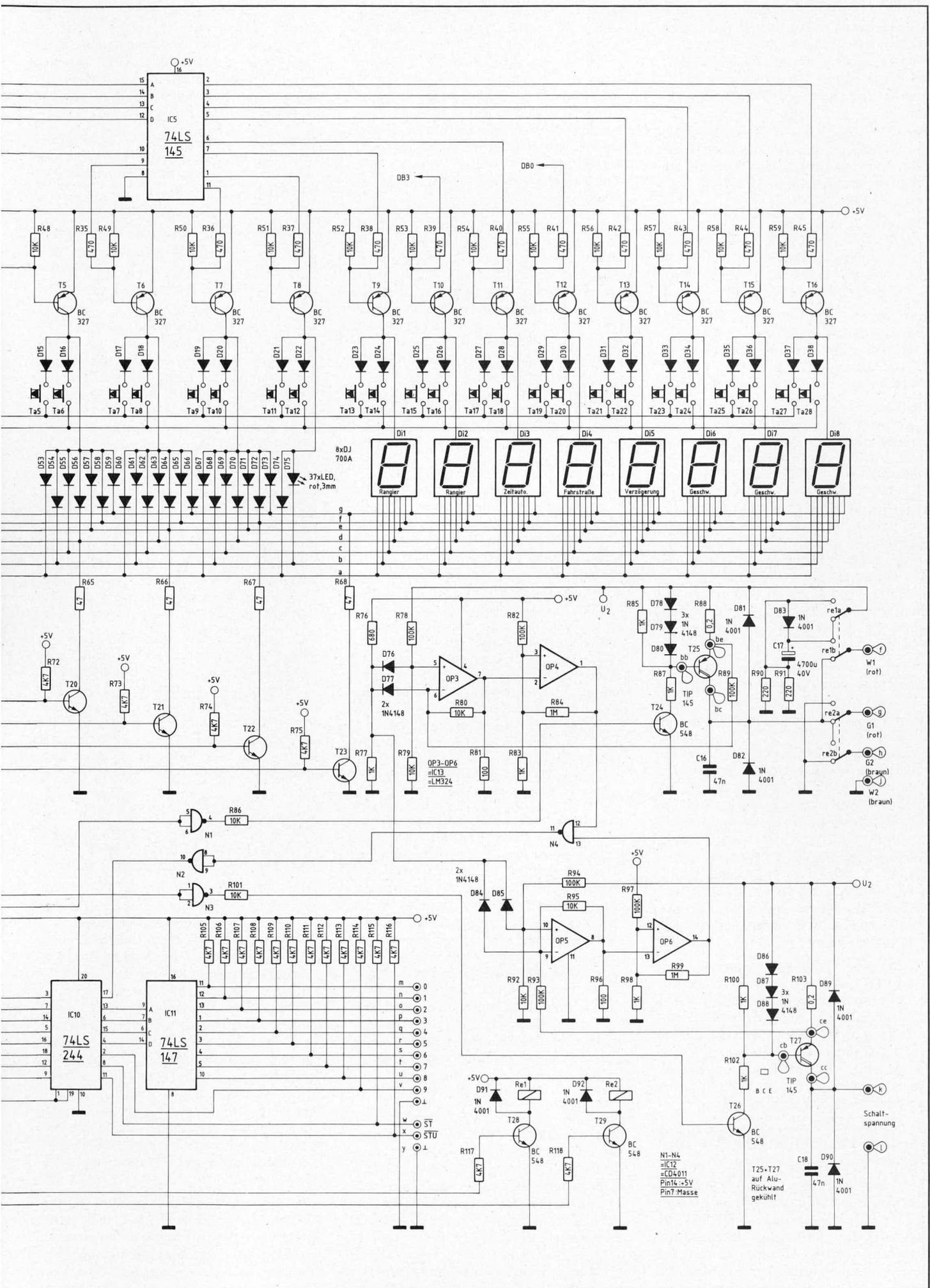
Kommen wir als nächstes zur Erfassung der Fahrtgeschwindigkeitseinstellung. Das Fahrpult besitzt hierzu ein „normales“ Kohleschichtpotentiometer (R 15) mit einer nahezu unendlich hohen Auflösung. Damit diese Auflösung auf einen Drehbereich von 270 Grad verteilt auch tatsächlich zur feinfühligsten Geschwindigkeitseinstellung dienen kann, ist eine hinreichend große Auflösung bei der Analog/Digital-Wandlung erforderlich (der Prozessor kann nur digitale Signale verarbeiten). Wir haben hierfür den Vierfach-AD-Wandler IC 4 des Typs  $\mu\text{PD} 7001$  eingesetzt. Es handelt sich um einen 8-Bit-Analog/Digital-Wandler mit vorgeschaltetem, integriertem Analogumschalter, der die quasi gleichzeitige Erfassung von 4 Analogwerten ermöglicht.

Der erste Eingang (Pin 10 des IC 4) ist über ein Tiefpaßfilter (R 14, R 18, C 12) auf den Mittelabgriff des zur Geschwindigkeitseinstellung dienenden Potis R 15 geführt. Über eine Steckbuchse kann ein externes 100 k $\Omega$ -Poti zur drahtgebundenen ferngesteuerten Geschwindigkeitseinstellung dienen, wobei der Buchsenkontakt umschaltet und an den Mittelabgriff des externen Potis gelegt wird.

Der zweite (Pin 11), dritte (Pin 12) und vier-



Schaltbild des Mikroprozessor-Fahr- und Schaltsystems Monolith 16



te (Pin 13) Eingang liegt jeweils über einen Vorwiderstand an einem zusätzlichen Einstelltrimmer. Diese 3 Trimmer dienen zur Anpassung und Feineinstellung individueller Betriebsmöglichkeiten, wie sie bereits am Anfang dieses Artikels beschrieben wurden.

Die Verbindung des IC 4 erfolgt über 6 digitale Steuerleitungen (Pin 1 bis Pin 6 des IC 4) mit dem zentralen Mikroprozessor (IC 3) an den Anschlußpins 21 bis 24, 35, 36 (P20 bis P25).

Die Takterzeugung für die Ablaufsteuerung erfolgt beim IC 3 durch den internen Oszillator in Verbindung mit dem Quarz Q 1 sowie den beiden Kondensatoren C 2 und C 3 an den Anschlußpins 2 und 3.

Zur Anzeige der vielfältigen Funktionsmöglichkeiten dienen insgesamt 8 7-Segment-Anzeigen sowie weitere 37 LEDs. Letztere sind zu 6 Digits zusammengefaßt, so daß insgesamt 14 Digits zu treiben sind.

Die Ansteuerung der gemeinsamen Anoden dieser 14 Digits erfolgt über die Schalttransistoren T 3 bis T 16. Getrieben werden diese Transistoren in Verbindung mit den Vorwiderständen R 32 bis R 45. 4 davon (T 3, T 4, T 10, T 12) werden direkt von den Prozessorausgängen DB 0 bis DB 3 (Pin 12 bis Pin 15) angesteuert, während 10 weitere Transistoren über den Expander IC 5 gesteuert werden, der seine Informationen wiederum von den Ausgängen DB 4 bis DB 7 (Pins 16 bis 19) des IC 3 erhält. Auf diese Weise werden über 8 Prozessorausgänge 14 Transistoren nacheinander geschaltet.

Darüber hinaus können die Kollektoren dieser Digitalansteuerungen entkoppelt durch D 11 bis D 38 über eine der Tasten Ta 1 bis Ta 28 auf die Eingangsleitungen T 0 (Pin 39) bzw. T 1 (Pin 1) des IC 3 gegeben werden. Je nachdem, welche der Tasten betätigt wird, erkennt der Prozessor hieran die entsprechende Steuerinformation. Auf diese Weise werden nur 2 weitere Eingangsleitungen benötigt, um insgesamt 28 Tasten auszuodieren.

Die Segmenttreiber erfolgt über die Transistoren T 17 bis T 23 in Verbindung mit den Strombegrenzungswiderständen R 62 bis R 68. Auch hier übernimmt der Prozessor die Steuerung durch seine Ausgänge P 10 bis P 16 (Pins 27 bis 33).

Durch die im Multiplexverfahren betriebenen LED-Anzeigen werden insgesamt nur 8 (Digits) plus 7 (Segmente) entsprechend 15 Steuerleitungen zum Betrieb von insgesamt 93 anzusteuern LEDs (einschließlich der Segmente der Digitalanzeigen) benötigt. Nur 2 weitere Eingänge ermöglichen das Abfragen von 28 Tastern (in Verbindung mit der Digitsteuerung).

Doch kommen wir nun zur eigentlichen Ausgabe der Informationen für die Endstufen des Monolith 16.

Der Steuerausgang P 17 (Pin 34 des IC 3) übernimmt in Verbindung mit dem Gatter N 3 und dem Vorwiderstand R 101 die Steuerung der Endstufe zur Weichen- und Signalansteuerung. T 26 hat die Aufgabe der Pegelumsetzung und steuert über R 102 den Endstufen-Darlington-Leistungstran-

sistor T 27 an. Dieser arbeitet in Verbindung mit D 86 bis D 88 sowie R 103 als geschaltete Stromquelle. Liegt der Ausgangsstrom unter ca. 3 A, schaltet T 27 entsprechend der Steuerinformation des Prozessors vollständig durch bzw. er sperrt. Überschreitet der Ausgangsstrom den durch R 103 vorgegebenen Wert, erfolgt automatisch eine Strombegrenzung. Eine Zerstörung der Endstufe durch Kurzschlüsse oder sonstige Überlastungen ist somit ausgeschlossen.

Ein Dauerkurzschluß würde jedoch zu einer thermischen Überlastung der Endstufe führen können. Um auch dieses auszuschließen, wird der an R 103 auftretende Spannungsabfall über R 93 und R 94 auf den als Differenzverstärker arbeitenden OP 5 gegeben, der eine Umsetzung auf Massepotential bei einer Verstärkung von -20 dB vornimmt (letzteres ist erforderlich, um im Gleichaktbereich des mit 5 V betriebenen OP 5 zu bleiben). R 96 dient dazu, daß der Ausgang des OP 5 zuverlässig in dem sehr kleinen für den hier vorliegenden Betriebsfall erforderlichen Spannungsbereich arbeiten kann.

OP 6 stellt mit seiner Zusatzbeschaltung einen Komparator mit geringer Hysterese (R 99) dar. Überschreitet der Endstufen-Ausgangsstrom den vorgegebenen Wert, erhöht sich der Spannungsabfall an R 103 so weit, daß die durch OP 5 mit Zusatzbeschaltung umgesetzte an R 96 anstehende Spannung die Schaltschwelle des OP 6 überschreitet. Dessen Ausgang wechselt vom Ruhezustand („high“) auf „low“ (ca. 0V), und das nachgeschaltete Gatter N 4 wird durchgesteuert. Dessen Ausgang nimmt „high“-Potential an, wodurch der Ausgang des Inverters N 2 auf „low“ wechselt. Über Pin 17 des IC 10 wird dieser Zustand vom Prozessor abgefragt, der daraufhin den Überstrom-Zustand erkennt und die Ansteuerimpulse über seinen Ausgang P 17 (Pin 34) sperrt.

Damit aber nicht bereits kurze Kurzschlußimpulse zum Abschalten des Systems führen, wartet der Prozessor ca. 0,5 Sekunden, ob der Kurzschluß nicht von selbst aufgehoben wird (dies wäre z. B. bei der identisch aufgebauten Fahrspannungsendstufe der Fall, wenn der Modellzug über eine Weiche fährt und seine Schleifer oder Kupplungen kurze impulsförmige Kurzschlüsse erzeugen). Wird der Kurzschluß innerhalb 0,5 Sekunden aufgehoben, ist dies für die Endstufe aufgrund der automatischen Strombegrenzung unkritisch, und der Prozessor greift nicht ein. Länger anhaltende Kurzschlüsse bewirken nach den bereits erwähnten 0,5 Sekunden ein Abschalten der Endstufe.

Innerhalb der nächsten 10 Sekunden nach dem Abschalten versucht der Prozessor pro Sekunde für einen sehr kurzen Moment die Endstufe wieder in Betrieb zu nehmen. Gelingt ihm dies, arbeitet das System wieder normal. Ist jedoch ein längeres Durchsteuern der Endstufe erforderlich (Modellzug läuft nur sehr schwer, d. h. mit erhöhter Stromaufnahme an), erfolgt erst nach Ablauf von 10 Sekunden ein Durchsteuern der Endstufe für 0,5 Sekunden. Ist der Kurz-

schluß behoben, arbeitet das System ab diesem Zeitpunkt wieder „normal“. Besteht der Kurzschluß weiterhin, beginnt der Abfragezyklus mit sehr kurzen „Tests“ für weitere 10 Sekunden innerhalb jeder Sekunde, um anschließend wieder 0,5 Sekunden mit größerer Leistung zu testen usw.

Durch dieses Testverfahren wird ein optimaler Schutz der Endstufe bei kürzest möglicher automatischer Wiedereinschaltung erreicht.

In gleicher Weise arbeitet die Endstufe für die Fahrspannung der Modellzüge (T 25) angesteuert über (T 24). Auch hier ist ein Gatter (N 1) mit nachgeschaltetem Strombegrenzungswiderstand (R 86) vorgeschaltet.

Da die Endstufe für die Modellbahnfahrspannung 100 mal pro Sekunde mit einer Auflösung von 8 Bit entsprechend 256 Stufen hinsichtlich der Impulsbreite eingestellt werden muß, ist hierfür eine teilweise hardwaremäßige Ansteuerung erforderlich. Der Prozessor selbst ist aufgrund der sehr feinen Zeitaufteilung nicht mehr in der Lage, diese Ansteuerung direkt vorzunehmen. Hierfür wurde mit den Zähler-ICs 6 bis 8 eine Steuerung aufgebaut, die es ermöglicht, solch präzise Impulse für die Endstufe zu generieren. Der Prozessor selbst nimmt über seine Ausgänge DB 0 bis DB 7 (Pins 12 bis 19) die Ansteuerung vor, wobei 100 mal pro Sekunde ein neuer Zählerstand zur Bereitstellung einer genau definierten Impulsbreite erzeugt wird.

Gleichzeitig wird über diese Prozessorausgänge der Tristate-Treiber IC 10 des Typs 74 LS 244 betrieben. Dieser Treiber dient in Verbindung mit einem Dezimal/BCD-Decoder (IC 11) der Bereitstellung von 10 Steuereingängen zur externen Fahrstraßeneinschaltung sowie für 2 weitere Eingänge, die zur externen Einschaltung der Zeitautomatik dienen.

Über das IC 9 des Typs CD 4042 (Zwischenspeicher) werden vom Prozessor über T 28 und T 29 die beiden Relais Re 1 (Wechselspannungsumschaltung) und Re 2 (Gleichspannungsumschaltung) angesteuert.

Die beiden Relaiskontakte re 2 a, b nehmen für Gleichstrombahnen eine Umpolung der Fahrspannung vor, während die Relaiskontakte re 1 a, b einen Überspannungsimpuls erzeugen zur Umschaltung bei Wechselstrombahnen. Hierzu bleibt der Masseanschluß (Platinenanschlußpunkt „j“) permanent am Gleiskörper anliegen, während re 1 a den Minuspol des Kondensators C 17 an die positive Fahrspannung legt und re 1 b den Fahrspannungsanschluß mit dem positiven Kondensatorpol verbindet. Hierdurch addiert sich die Kondensatorspannung zur Fahrspannung, wodurch sich der Überspannungsimpuls ergibt. In Relaisruhestellung lädt sich C 17 über R 90, R 91 wieder auf.

Damit ist die Beschreibung des Hauptschaltbildes des Monolith 16 bereits beendet und wir wenden uns in der kommenden Ausgabe der Empfängerbeschreibung zur Weichen- und Signalsteuerung sowie dem Nachbau zu.