

AS927 – ein PWM oder doch nur ein Sägezahngenerator?

Eine möglichst kleine Baugruppe, mit der man die Helligkeit von LEDs und Glühlampen, die Drehzahl von Gleichstrommotoren, kleine Elektroheizungen und vieles mehr möglichst effektiv steuern kann, war ein wiederholt erfolgreiches Projekt in der Berufsausbildung einer Elektronikfirma in Thüringen. Daraus sollte ein AATiS-Bausatz entstehen.

Die Nachteile einer linearen Lösung, z.B. über einen variablen Widerstand, egal in welcher Form, sollten vermieden werden, damit nicht zu viel Energie in Wärme umgesetzt wird, für deren Abfuhr ja auch wieder zu sorgen ist. Deshalb fiel die Entscheidung schnell auf eine Pulsweitenmodulationsschaltung (PWM). Einfach erklärt wird dabei der Verbraucher immer mit der vollen Betriebsspannung versorgt, diese wird aber periodisch ein- bzw. ausgeschaltet, so dass bei kurzen Einschaltzeiten nur eine kleine Leistung den Verbraucher erreicht, je länger die Einschaltzeit wird, umso mehr Energie wird zugeführt. Idealerweise lässt sich damit die Zufuhr von nahezu 0% bis zu 100% der möglichen Leistung einstellen. Eingeschränkte Ober- bzw. Untergrenzen, wenn es die Anwendung erfordert, sollen ebenfalls möglich sein.

Als Versorgungsspannung sollten ca. 12 V zur Verfügung stehen. Daraus erzeugt ein 78L09 die Betriebsspannung von 9V für stabilen Betrieb, vor dem noch eine Verpolungsschutzdiode liegt. Ein Vierfach-Operationsverstärker bildet das Kernstück der kleinen PWM-Schaltung nach Bild 1.

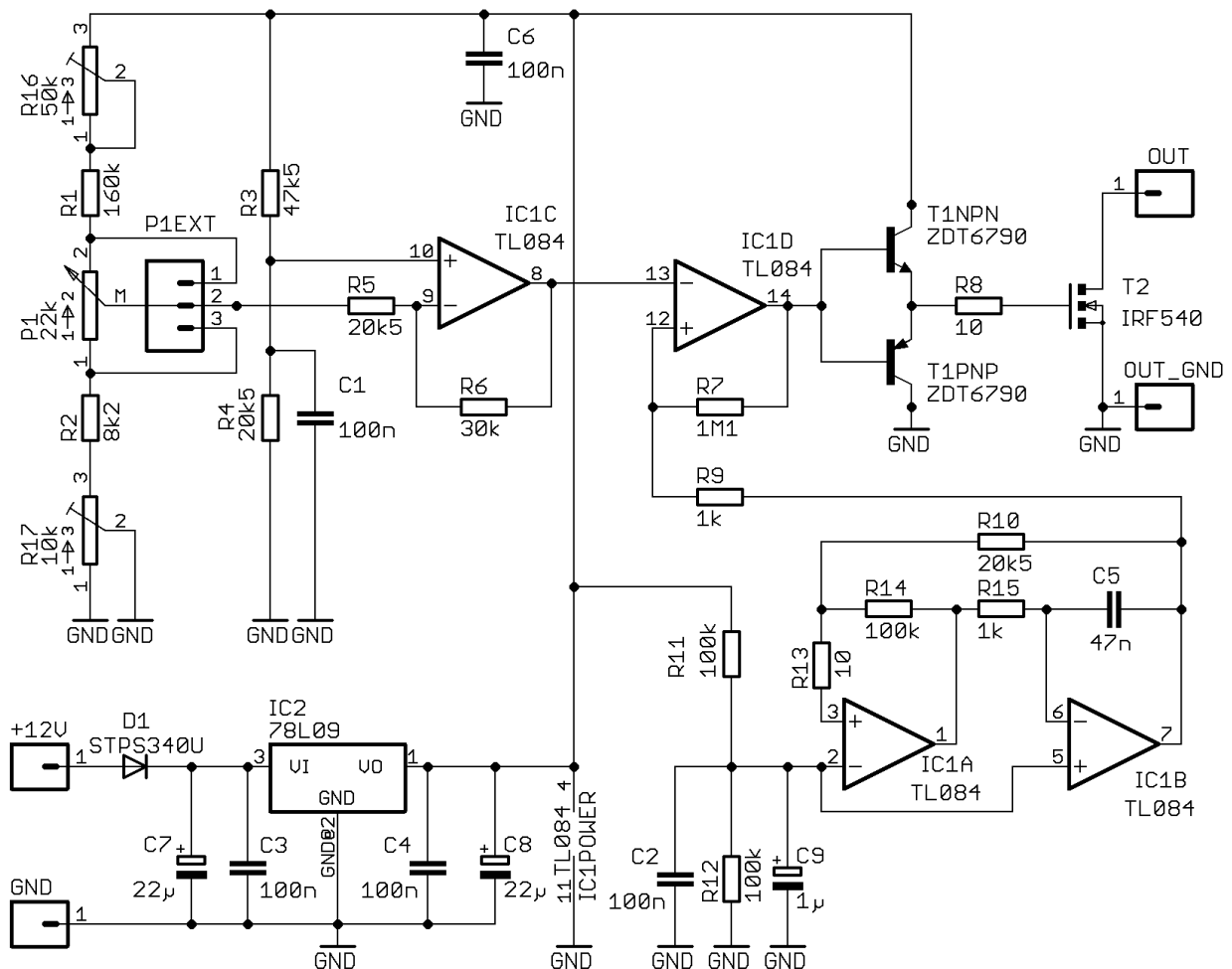


Bild 1: Schaltung der PWM-Baugruppe AS927

IC1A und IC1B zeigen einen Sägezahngenerator, der z.B. in [1] ausführlich beschrieben wird. Der erste OV arbeitet als nicht invertierender Schmitt-Trigger der zweite als invertierender Integrierer und erzeugt einen linearen und konstanten Sägezahn, siehe Bild 2.

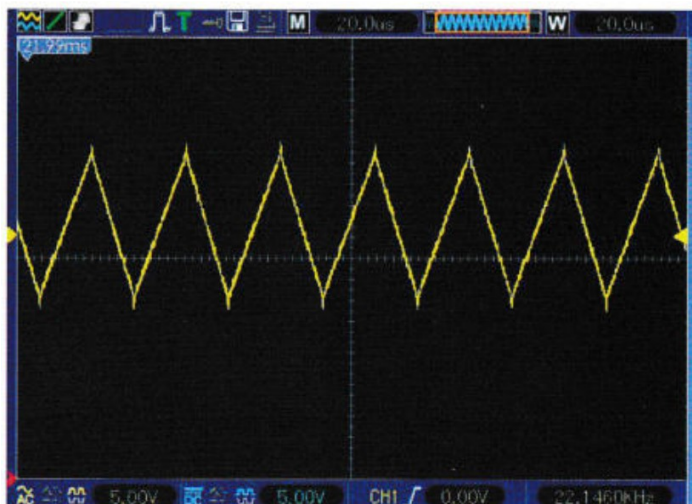


Bild 2: Sauberer Sägezahn am Ausgang von IC1 B

Schon mit diesem kleinen Generator sind viele Experimente möglich. Am Pin 1 steht eine Rechteckspannung zur Verfügung, am Pin 2 unser schöner Sägezahn. Wer nur den Generator benötigt, aber vielleicht eine sehr steile Anstiegs- oder Abfallflanke wünscht, kann das mit einer Diode in Reihe zu R15, der mit C5 die Frequenz bestimmt, erreichen. Wir verwenden für unsere PWM den linearen Sägezahn, der zum nicht invertierenden Eingang des Komparators IC1 D geführt wird und dort mit der Ausgangsspannung von IC1C, genannt Steuerspannung, die im Bereich von ca. 1,1 bis 2V liegen sollte, verglichen wird.

Diese Steuerspannung könnte man auch direkt vom Potentiometer des Spannungsteilers R1/R16/P1/R17/R2 erzeugen lassen, aber die elektronische Lösung sorgt für Entkopplung T1/PNP ZDT673A und stabile Verhältnisse (und den richtigen Drehsinn des Potentiometers). Entspricht die Steuerspannung dem Spitzenwert des Dreieckimpulses, bleibt T1 gesperrt, bei kleiner Steuerspannung öffnet jeder Impuls T1 für kurze Zeit, und wenn die Steuerspannung dem unteren Wert des Sägezahns entspricht, bleibt T1 ständig geöffnet, so dass 100% der Leistung erreicht werden, also praktisch Gleichstrombetrieb. Der Zweifach-Komplementär-Transistor ZDT6790 [2] wird direkt vom Komparatorausgang angesteuert und arbeitet sozusagen als Ladungspumpe für den FET IRF540, der die eigentliche Last steuert. Die Widerstände R8 und R13 sehen im Layout gewaltig aus, ersetzen aber nur Drahtbrücken, wobei man R8 noch eine gewisse Schutzwirkung für den Gate-Anschluss zusprechen könnte.

Die Bestückung nach Bild 3 sollte mit den 28 SMD-Teilen beginnen.

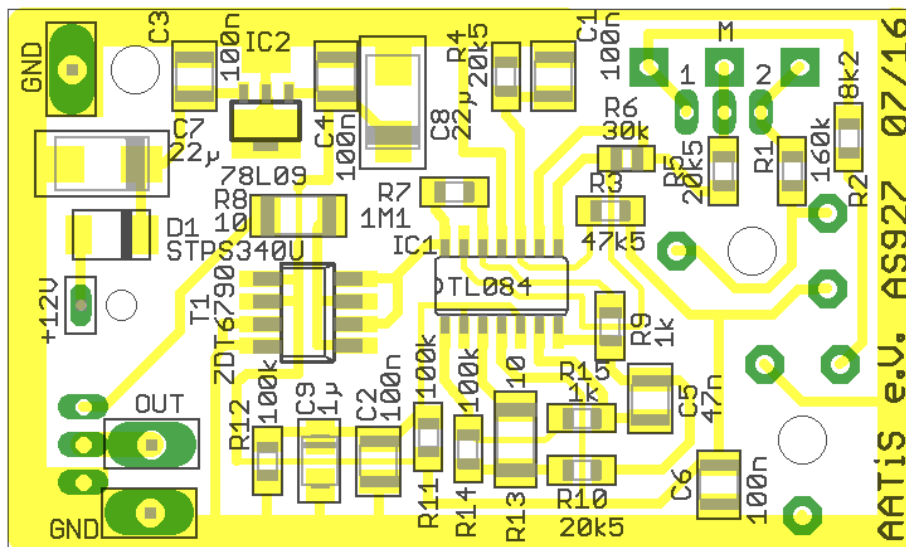


Bild 3: Lötseite der Leiterplatte zur SMD-Bestückung

Dabei ist es von Vorteil, die Platine mit einer Klemme, einem Maschinenschraubstock oder einem kleinen Stück doppelseitiges Klebeband zu fixieren. Bei Verwendung von Klebeband muss unbedingt darauf geachtet werden, dass keine Verwindungskräfte beim Entfernen der aufgeklebten Platine entstehen, da dadurch die aufgelöteten SMD-Teile zerstört werden können. Jeweils ein Lötpad wird verzinnt und dann das richtige Bauteil mit einer guten Pinzette von der Seite auf die nochmals zu erhitzende Lötstelle geschoben. Ist die Position zufriedenstellend, wird das nächste Lötpad des Bauteils angelötet. Falls notwendig, das erste Pad nochmals nachlöten. Genauso ist bei den drei Bauteilen mit mehreren Anschlüssen zu verfahren. Erst wenn alle Anschlüsse die Pads richtig kontaktieren, werden sie angelötet. Bei T1 und IC1 ist dabei unbedingt die richtige Einbaulage, erkennbar an der kleinen Fase am Gehäuse, zu beachten. Bei IC2 ist die Einbaulage eindeutig. Sollten dabei Zinnbrücken entstehen, kein Problem: mit guter Entlötlitze lassen sie sich problemlos entfernen. Nach optischer Kontrolle mit Lupe oder Mikroskop werden die wenigen THT-Bauteile bestückt. Etwas Sorgfalt erfordern R't6 und R17, da es keinen Bestückungsaufdruck auf der Oberseite gibt. Der 10-k Ω -Regler liegt am Platinenrand in Reihe zu R2, der 50-k Ω -Regler neben dem Anschlussstecker in Reihe zu R1.

Zum Abgleich wird auch der Power-FET T2 in die Platine eingelötet, für Anwendungen mit großen Leistungen empfiehlt sich später eine getrennte Montage. Das Potentiometer P1 wird über eine steckbare Verbindung (PS25) angeschlossen. Wer eine Ausführung für Leiterplattenmontage hat, kann es auch direkt in die Platine einlöten. Eine fertig bestückte Platine ist in Bild 4 zu sehen.

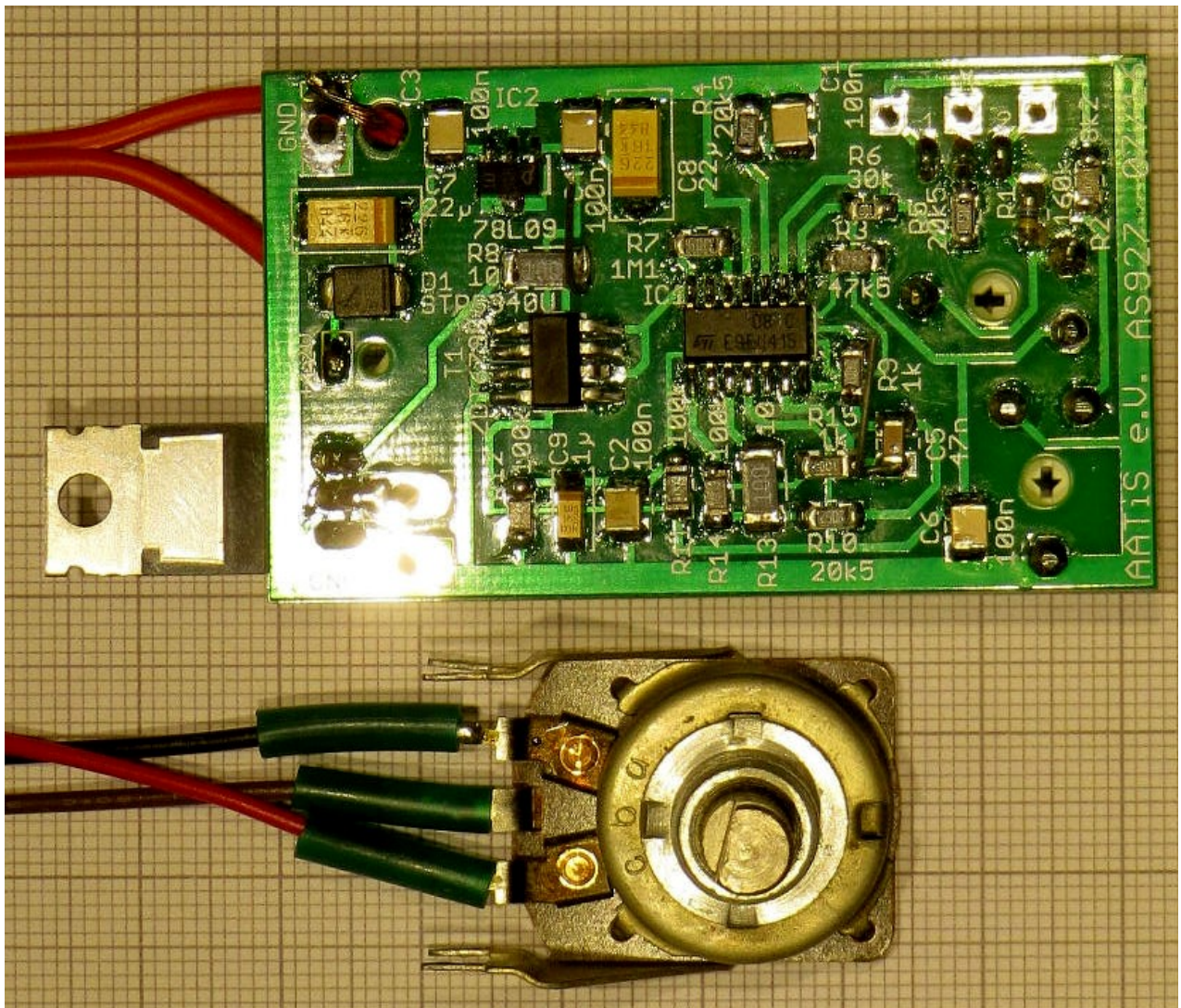


Bild 4 : Fertig bestückte PWM-Platine. Foto: DJ2AX

Zum Abgleich genügt ein einfaches Digitalmultimeter. Nach Kontrolle der Betriebsspannung von 9V am Ausgang des Festspannungsreglers wird mit den beiden Einstellpotenziometern R16 und R17 die Spannung am Ausgang des Komparators grob auf die oben angegebenen Werte bei den Potentiometer-Anschlägen eingestellt. Da sich beide Werte beeinflussen, zuerst beide Regler auf Mittelanschlag stellen

und dann wechselseitig mit Gefühl verändern, bis die Werte stimmen. Mit einem Oszilloskop am Ausgang bzw. an der Last kann man diese Einstellungen ebenfalls vornehmen. Bild 5 zeigt den Spannungsverlauf bei ca.20%-iger Aussteuerung, bei der Motoren nicht immer anlaufen.

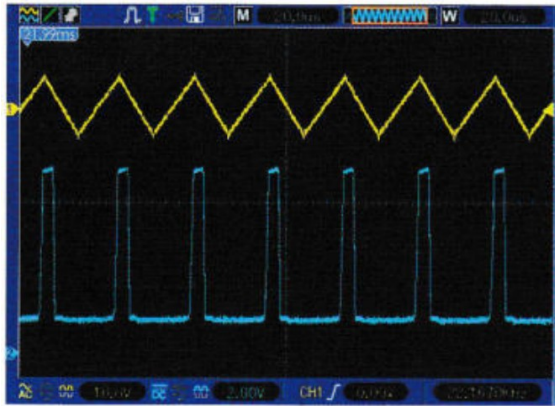


Bild 5: Kleine Aussteuerung bis etwa 20 %

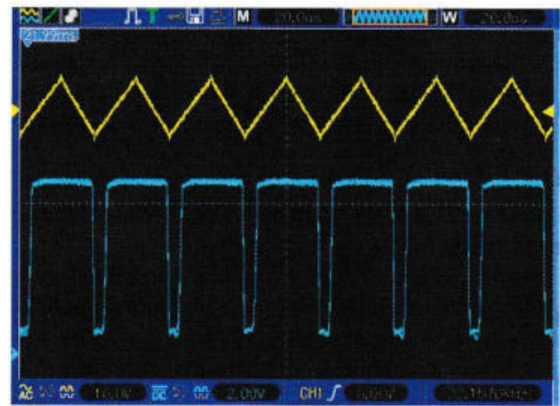


Bild 6 : Last wird mit ungefähr 80 % versorgt

Regelung auf ca. 80% zeigt Bild 6;

wird die Steuerspannung weiter erhöht, erfolgt die Versorgung der Last praktisch mit Gleichspannung.

Zur Erprobung der Funktion wird die zu steuernde Last (12-V-Gerät) mit den Ausgangsbuchsen verbunden. Bei Glühlampen spielt die Polarität logischerweise keine Rolle, bei Motoren ist die Drehrichtung entscheidend und LEDs müssen unbedingt richtig gepolt und mit Vorwiderstand angeschlossen werden. Bei Falschpolung werden LEDs auch bei kleiner Ansteuerung mit der vollen Betriebsspannung belegt, was schon zur Zerstörung führen kann, da die Sperrspannungen je nach Typ unter 5V liegen können. Nach erfolgreichem Funktionstest kann eine Feineinstellung vorgenommen werden, die eine Steuerung von 0 bis 100 % garantiert oder je nach Anwendung bestimmte Leistungsbereiche einschränkt. Ob ein Kühlkörper für T2 erforderlich wird, hängt von der zu steuernden Leistung ab. Bei direktem Einbau in die Platine und einer Betriebsspannung von 12 V sind 0,5A kein Problem. Die Spannung für die Last kann aber durchaus bis 50 Volt betragen und der Strom problemlos bei 10 Ampere liegen (laut Datenblatt maximal 28A), aber dann sind für die Leitungen vom DRAIN = OUT zur Last, von der Last zur Energiequelle und vom SOURCE = GND zur Last Drähte mit großem Querschnitt, also mit entsprechender Strombelastbarkeit einzusetzen, die direkt am FET anzulöten sind, denn unsere dünnen Leiterbahnen sind dafür nicht ausgelegt.

Obwohl der Widerstand der Drain-Source-Strecke nur 77mOhm beträgt, muss der FET bei 10Ampere schon 7,7Watt aushalten. Das geht nur mit einem entsprechenden Kühlkörper, der mit beiliegendem Nippel und Isolierplättchen versehen werden sollte, damit er potentialfrei bleibt.

Quellen

- [1] https://home.zhaw.ch/kunr/Elektronik2/SkripUosz_all_v1_1.pdf
- [2] <http://www.farnell.com/datasheet/12435.pdf>

Autoren

DL2AWT Winfried Thiem, dl2awt@dark.de
DL2MAJ Helmut Berka, dl2maj@aatiss.de
DJ2AX Peter Eichler, dj2ax@aatiss.de