

# Silent-Lüftersteuerung

Lüfter sind bei vielen Geräten und bei deren höherer Belastung das Mittel der Wahl, wenn es um die notwendige Luftzirkulation und Kühlung geht. Mit einer Lüftersteuerung wie der hier vorgestellten lässt sich die Drehzahl und damit die lästige Geräuschentwicklung des Lüfters automatisch nach tatsächlichem Bedarf steuern. Die Lüftersteuerung SLST1 dient der Ansteuerung von einfachen Lüftern, die ohne Temperatur- bzw. PWM-Steuerung auskommen. Ein abgesetzter Temperatursensor und ein optionales Gehäuse erlauben universelle Einbaumöglichkeiten.

## Nachfolger für Bewährtes

In vielen Geräten mit Leistungselementen befinden sich Lüfter, die für die notwendige Luftzirkulation und Kühlung sorgen. Bei vielen Geräten, selbst bei vielen modernen PC-Netzteilen, wird hierbei auf eine Lüfterregelung verzichtet. Die Kühlung ist somit fast immer überdimensioniert, und der Lüfter läuft ständig mit maximaler Drehzahl. Nachteil hierbei ist, dass durch die hohe Drehzahl des Lüfters auch Laufgeräusche entstehen, die als störend empfunden werden.

Eine temperaturabhängige, elektronische Drehzahlregelung kann nun wesentlich zur Geräuschreduzie-

rung beitragen. Die hier vorgestellte Schaltung regelt die Drehzahl und damit den Luftdurchsatz des Lüfters den individuellen Erfordernissen entsprechend, wodurch sich unter normalen Betriebsbedingungen eine minimale Geräuschentwicklung einstellt. Erst bei einem Anstieg der Temperatur an einem Bauteil, einem Kühlkörper oder allgemein im Gerät wird die Drehzahl des Lüfters gesteigert.

Diese Schaltung ist der Nachfolger der ELV-PC-Silent-Lüftersteuerung, einer der ältesten und bis heute beliebtesten Bausätze des ELV-Bausatzangebots. Das bewährte Schaltungskonzept wurde in einigen Details verbessert, der Anschluss von Betriebsspannung, Temperatursensor und Lüfter erfolgt jetzt bequemer über Schraubklemmen, der Aufbau wird in moderner SMD-Technik ausgeführt, und es gibt ein passendes Gehäuse zum Bausatz, das den ESD-gerechten Einbau sichert.

## Schaltung

Die Schaltung der Lüftersteuerung (Bild 1) besteht im wesentlichen aus 2 Operationsverstärkern (IC1), mit deren Hilfe der angeschlossene Lüfter gesteuert wird.

Kurzbezeichnung:	SLST1
Spannungsversorgung:	5–12 Vdc
Stromaufnahme (ohne Lüfter):	2 mA
Ausgang:	max. 250 mA
Temperatursensor:	NTC (103AT) mit 3 m Anschlusskabel
Betriebstemperatur:	+5 °C bis +35 °C
Gewicht:	10 g
Abmessungen Platine (B x T):	45 x 35 mm

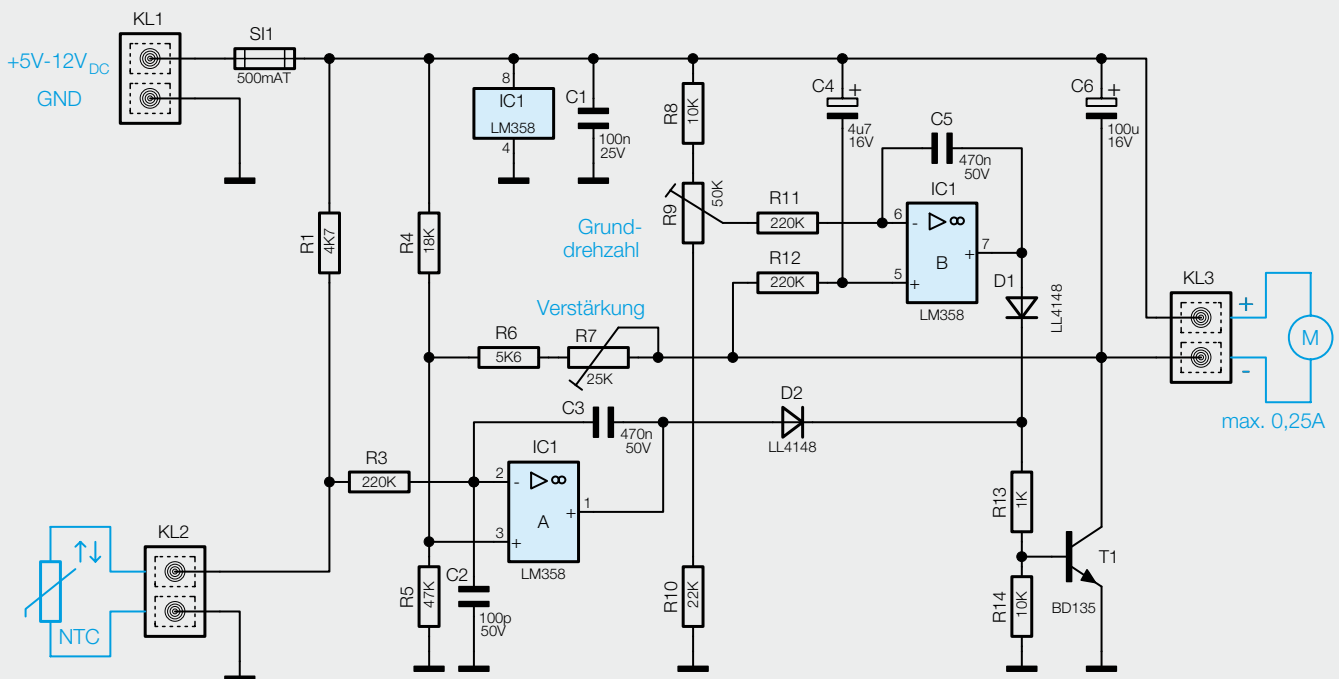


Bild 1: Das Schaltbild der Lüftersteuerung

Als Stellglied fungiert der Leistungstransistor T1 des Typs BD135. Er ist im Massezweig des Lüfters eingesetzt, wodurch hier bei voller Durchsteuerung lediglich ein Spannungsabfall von ca. 150 mV entsteht, d. h., der Lüfter erreicht nahezu seine volle Leistung.

IC1 A mit Zusatzbeschaltung bildet den Temperaturregler. Mit dem externen Temperatursensor (NTC) des Typs 103AT-11 sowie dem Widerstand R1 wird die Sollvorgabespannung erzeugt. Über den Widerstand R3 gelangt diese an den invertierenden Eingang des IC1 A. Die Ist-Spannung, d. h. der Spannungsabfall über dem Leistungstransistor T1, gelangt über den Trimmer R7 und den Widerstand R6 in Verbindung mit dem Spannungsteiler R4, R5 auf den nicht invertierenden Eingang des Temperaturreglers (IC1 A). Mithilfe des Trimmers R7 (Verstärkung Temperatur) wird derjenige Temperaturwert eingestellt, bei dem der Lüfter seine Maximaldrehzahl erreichen soll. Welche Auswirkung der Trimmer R7 auf die Regelfunktion hat, ist in Bild 2 dargestellt. Hierbei muss beachtet werden, dass die dargestellten Kennlinien ohne thermische Rückkopplung aufgenommen wurden.

Der zweite, mit IC1 B aufgebaute Regler ist für die Grundlast zuständig, d. h., hierüber wird die Grunddrehzahl des Lüfters vorgegeben (siehe auch Bild 2). Die Einstellung der Grundlast erfolgt über den Trimmer R9 (Grunddrehzahl). Auch hier gelangt also die Soll-Spannung an den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC1 B. Die Ist-Spannung wird dem nicht invertierenden Eingang des Reglers direkt über R12 zugeführt. Im Einschaltmoment wird der Grundlastregler durch den Kondensator C4 in Verbindung mit dem Widerstand R12 voll durchgesteuert, wodurch der Anlaufwiderstand des Lüftermotors überwunden wird und der Lüfter sicher anläuft. Die Kondensatoren C4 und C5 dienen jeweils zur Reglerstabilisierung, wäh-

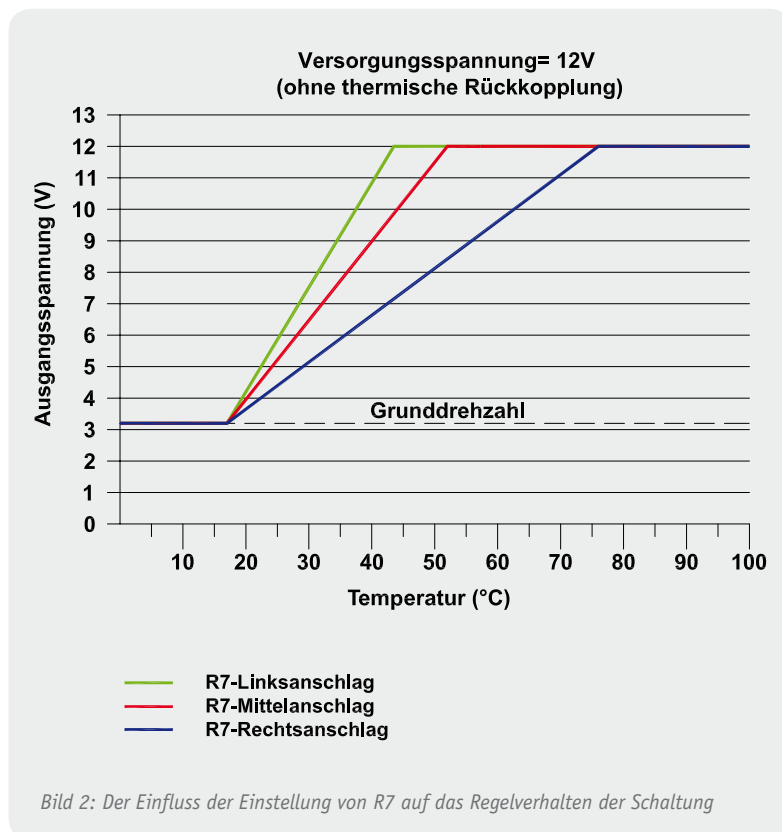


Bild 2: Der Einfluss der Einstellung von R7 auf das Regelverhalten der Schaltung

rend der Elektrolytkondensator C6 größere Störimpulse des Lüftermotors abblockt. Sowohl Grundlast als auch Temperaturregler sind an ihren Ausgängen über Dioden (D1 und D2) voneinander entkoppelt und steuern über den Widerstandsteiler R13, R14 die Basis des Leistungstransistors T1 an. Je nachdem welcher der beiden Regler die höhere Steuerspannung vorgibt, übernimmt dieser die Drehzahlkontrolle, im Prinzip also eine ODER-Funktion. Die Sicherung SI1 schützt die angeschlossene Spannungsversorgung im Fehlerfall oder bei Überlastung.

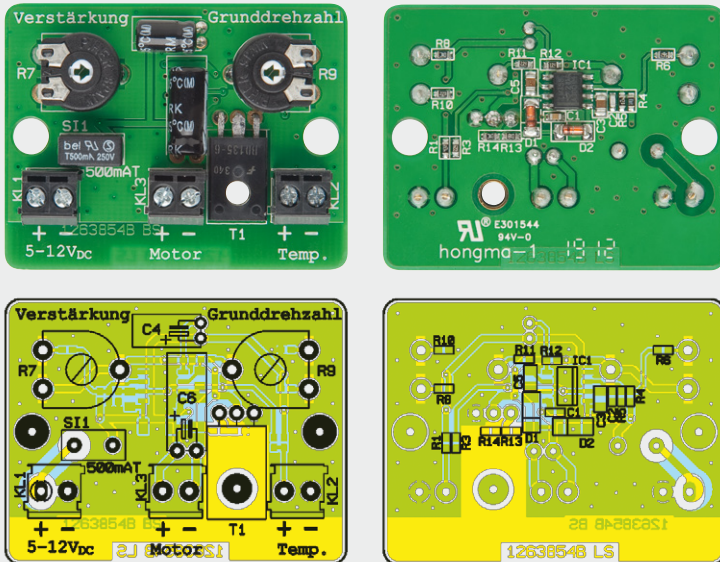


Bild 3: Die fertig bestückte Platine der Lüftersteuerung mit zugehörigem Bestückungsplan, links die Oberseite mit den bedrahteten Bauteilen, rechts die bereits vorbestückte SMD-Seite (Unterseite)

## Nachbau

Da alle SMD-Bauteile schon vorbestückt sind, hält sich der Aufwand für den Nachbau in Grenzen. Es müssen lediglich wenige bedrahtete Bauteile bestückt und verlötet werden, wobei das Platinenfoto, der zugehörige Bestückungsplan (Bild 3), die Stückliste und der Bestückungsdruck auf der Platine beim Aufbau helfen.

Die Bauteile werden von der Platinenoberseite her eingesetzt und anschließend auf der Unterseite (Lötseite) verlötet. Überstehende Bauteile sind mit einem Seitenschneider auf max. 1,5 mm Länge zu kürzen.

Die beiden Elkos C4 und C6 werden liegend montiert, nachdem ihre Anschlüsse um 90° abgewinkelt wurden. Hierbei ist unbedingt auf die richtige Einbaulage zu achten. Der Pluspol (+) ist an dem etwas längeren Anschlussdraht zu erkennen. Zudem ist auf dem Elkogeäuse in der Regel der Minuspol gekennzeichnet. Ebenfalls liegend montiert wird der Transistor T1. Die Anschlussdrähte sind auch hier zuvor um 90° abzuwinkeln (siehe auch Platinenfoto Bild 3). Nachdem zum Schluss die beiden Trim-

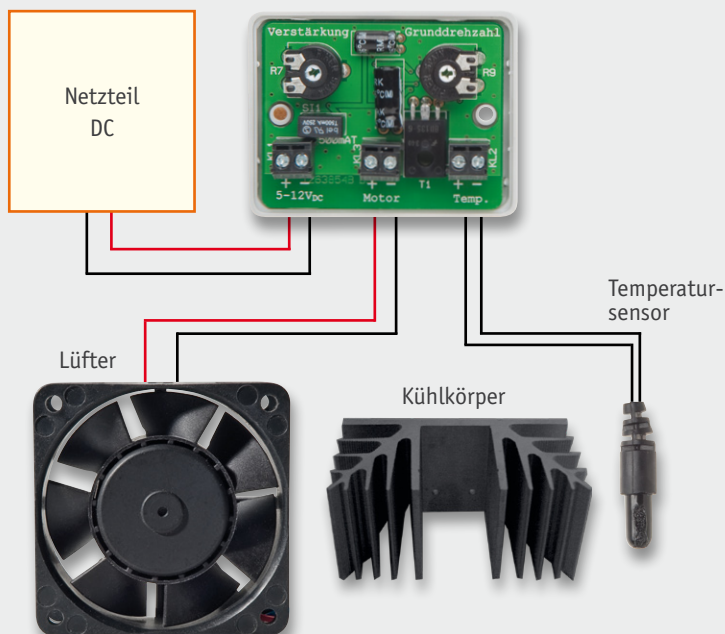


Bild 5: Installationsbeispiel für die Nutzung der Lüftersteuerung

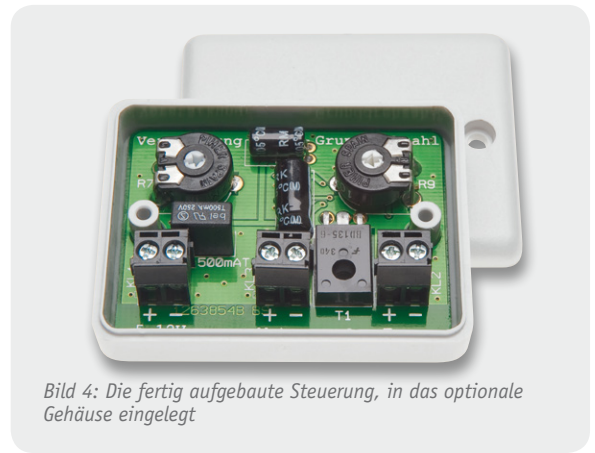


Bild 4: Die fertig aufgebaute Steuerung, in das optionale Gehäuse eingelegt

mer, die Sicherung und die 3 Buchsen verlötet worden sind, ist der Nachbau auch schon abgeschlossen.

Zum ESD-Schutz ist das Gerät in einem eigenen Gehäuse unterzubringen. Soll das zum Bausatz angebotene, optionale Gehäuse zum Einsatz kommen, ist die Platine hier lediglich einzulegen (Bild 4). In dem unbearbeiteten Gehäuse sind entsprechende Bohrungen für die Anschlussleitungen einzubringen.

## Installation

In Bild 5 ist ein Installationsbeispiel dargestellt. Die Spannungsversorgung erfolgt über die Klemme KL1, die Versorgungsspannung muss eine Gleichspannung im Bereich von 5 bis 12 V sein. Der angeschlossene Lüfter darf eine maximale Stromaufnahme von 250 mA aufweisen. **Hinweis:** Es können nur „normale“, d. h.

### Widerstände:

1 k $\Omega$ /SMD/0603	R13
4,7 k $\Omega$ /SMD/0603	R1
5,6 k $\Omega$ /SMD/0603	R6
10 k $\Omega$ /SMD/0603	R8, R14
18 k $\Omega$ /SMD/0603	R4
22 k $\Omega$ /SMD/0603	R10
47 k $\Omega$ /SMD/0603	R5
220 k $\Omega$ /SMD/0603	R3, R11, R12
PT10/liegend/25 k $\Omega$	R7
PT10/liegend/50 k $\Omega$	R9

### Kondensatoren:

100 pF/SMD/0603	C2
100 nF/SMD/0603	C1
470 nF/50 V/SMD/0805	C3, C5
4,7 $\mu$ F/16 V	C4
100 $\mu$ F/16 V	C6

### Halbleiter:

LM358/SMD	IC1
BD135	T1
LL4148	D1, D2

### Sonstiges:

Mini-Schraubklemmleisten, 2-polig, print	KL1-KL3
Sicherung 500 mA, 250 V, träge	SI1
1 Temperatursensor mit Anschlussleitung, 103AT-11	

2-polige Lüfter ohne interne Steuerung verwendet werden. Die Spannung des Lüfters muss identisch mit der Versorgungsspannung sein.

Der verwendete Temperatursensor ist mit einer 3 m langen Zuleitung ausgestattet. Diese ist auf die benötigte Länge zu kürzen. Obwohl die Anschlussklemme KL2 mit „+“ und „-“ gekennzeichnet ist, braucht beim Anschluss des Sensors nicht auf eine Polung geachtet zu werden. Die Polung dient nur der Kennzeichnung, welcher Anschluss mit der Schaltungsmasse (-) verbunden ist.

Sobald Spannungsversorgung, Lüfter und der Temperatursensor angeschlossen sind, erfolgt ein kurzer Funktionstest. Der Trimmer R7 sollte zunächst auf Linksanschlag (min. Verstärkung) gebracht werden. Der Trimmer R9 (Grunddrehzahl) wird nun langsam nach rechts (Uhrzeigersinn) gedreht, bis der Lüfter mit niedriger Drehzahl anläuft. Nach Abschalten der Versorgungsspannung und erneutem Anschließen sollte der Lüfter einwandfrei anlaufen. Diesen Test sollte man mehrmals wiederholen, da der mechanische Anlaufwiderstand des Lüfters durchaus von Fall zu Fall variieren kann.

Wenn nun der Temperatursensor erhitzt wird, z. B. mit einem Haarföhn aus einigem Abstand, muss sich die Drehzahl des Lüfters erhöhen. Der Trimmer R7 sollte im Normalfall auf Mittelstellung gebracht werden. Sollte der Lüfter dabei nicht die entsprechende Kühlleistung bringen, kann die Verstärkung durch Rechtsdrehen des Trimmers R7 erhöht werden. Im anderen Fall kann die Verstärkung auch verringert werden. Dies stellt sich jedoch erst im Praxiseinsatz heraus.

Zum Schluss noch ein paar Hinweise zur Anordnung: Der Temperatursensor sollte in der Nähe des zu kühlenden Objekts (z. B. des Leistungstransistors) angebracht werden und nicht direkt vor dem Lüfter. Dabei sollte man

unbedingt einen ausführlichen Funktionstest unter allen vorkommenden Temperaturen und mit konkreter Messung der Temperaturen (z. B. mit einem IR-Thermometer) an Bauteilen oder im Gehäuse des Geräts vornehmen. Dabei muss unter Einsatz der Lüfterregelung sichergestellt sein, dass die Spezifikationen des Geräte-/Bauelementeherstellers sicher eingehalten werden, der Lüfter also stets ausreichend Kühlluft zuführt.

ELV



### Wichtige Hinweise:

- Werden Arbeiten an einem netzspannungsführenden Gerät durchgeführt, dürfen Eingriffe nur von Personen vorgenommen werden, die hierzu aufgrund ihrer Ausbildung befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind zu beachten!
- Für einen ausreichenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen ist der Einbau in ein geeignetes (nichtmetallisches) Gehäuse erforderlich, damit die Schaltung nicht durch eine Berührung mit den Fingern oder Gegenständen gefährdet werden kann.
- Die Anschlussleitungen dürfen eine Länge von 3 m nicht überschreiten.

## NTC, Thermistor, Heißleiter – der temperaturabhängige Halbleiterwiderstand

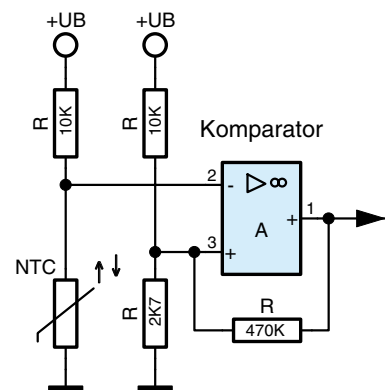
Der Begriff NTC stammt aus dem Englischen: **N**egative **T**emperature **C**oefficient. Daraus geht die Funktion hervor – der Widerstand sinkt definiert mit wachsender Temperatur, wie der Kennlinienverlauf des vielfach bei ELV zum Einsatz kommenden 103AT-2 zeigt.

Dieses Verhalten macht ihn als Temperatursensor (mit einer speziellen Kennlinie, die auf dem Einsatz von Bariumnitrat beruht) nutzbar. Der Grundwert eines solchen NTCs ist der spezifische Widerstand bei 25 °C, hier in der 103 verschlüsselt, also 10 kΩ. Aus der abgebildeten Kennlinie lässt sich also einfach ablesen, welchen Widerstand der NTC bei welcher Temperatur besitzt, und so die damit gesteuerte Schaltung reproduzierbar berechnen. Über einen Spannungsteiler lassen sich so sehr einfach Operationsverstärker oder Regeltransistoren steuern. Noch genauer lassen sich die Widerstandswerte aus einer Tabelle im Datenblatt des NTC [1] ablesen. Die Bezeichnung AT weist darauf hin, dass es sich um einen Präzisions-Temperatursensor handelt, die 2 ist die Gehäuseform (2 – Perle, 11 – NTC im Gehäuse). Als Grundlage für die Herstellung von Heißleitern dienen gepresste und gesinterte Metalloxide verschiedener Metalle wie Mangan, Nickel, Kobalt, Eisen usw., die aufgrund des Verarbeitungsprozesses halbleitende Eigenschaften erreichen, oder aber Silizium.

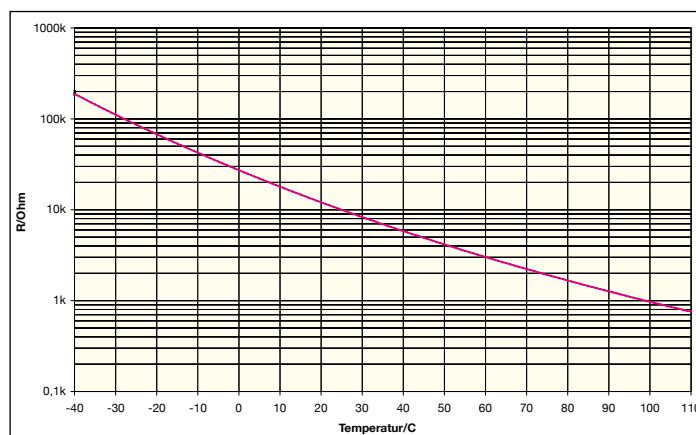
[1] [www.elv.de/temperatursensor-103at-2.html](http://www.elv.de/temperatursensor-103at-2.html)



Bauformen:  
Links Bauform 2,  
Rechts Bauform 11



Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel für den Einsatz des NTC



Die Kennlinie des NTC 103ATx