

Einbau eines elektronischen Tempomats in eine BMW F 650 GS Single Dual Spark

Einleitung

Funktionsweise

Ein elektronischer Tempomat ist mit einem zweiten Gaszug mit der Drosselklappe verbunden und kann so bei Bedarf Gas geben. Dazu braucht das Steuergerät folgende elektrische Signal:

- Stromversorgung von Zündungsplus
- Masse
- Ein-/Aus-Schalter
- Set-Schalter (Taster): setzt Geschwindigkeit und erhöht/erniedrigt (je nach Modell) die Geschwindigkeit um einen kleinen Betrag
- Res-Schalter: stellt letzte Geschwindigkeit wieder her, nachdem der Tempomat z.B. durch Bremsen deaktiviert wurde und erniedrigt/erhöht (je nach Modell) die Geschwindigkeit um einen kleinen Betrag
- Bremssignal: deaktiviert Tempomat
- Kupplungssignal: deaktiviert Tempomat
- Geschwindigkeitssignal

Für einen Einbau kommt unter anderem der [Rostra-Universal-Tempomat](#) (ca. 200 USD) oder der Delphi-Tempomat 25140015, der in vielen GM-Autos (wie Opel) (vor Umstellung auf Drive-By-Wire) und BMW-Motorräder der K-Reihe verbaut war (ca. 20-100 EUR gebraucht). Hier wird der Delphi-Tempomat eines BMW K 1200 RS verwendet.

Delphi-Tempomat 25140015

Dieser Tempomat verwendet als Input eine [10-poligen Delphi Metri-Pack 150](#)-Buchse. Im Inneren für ein Philips P83C575EHPN-Mikrokontroller alle Berechnungen aus. Die Belegung der Input-Signale ist folgende:

Pin		
A	Ein-Signal	+12 V für "Ein", kann auch auf Zündungsplus gelegt werden
B	Set-Taster	+12 V wenn Set gedrückt, je nach Programmierung erhöht oder erniedrigt er Geschwin-

		digkeit wenn Tempomat in Betrieb
C	Res-Taster	+12 V wenn Res gedrückt, je nach Programmierung erniedrigt oder erhöht er Geschwindigkeit wenn Tempomat in Betrieb
D	Bremssignal	+12 V wenn Bremslicht an. Muss über Glühlampe Verbindung mit Masse haben wenn nicht gebremst wird -> bei LED-Bremslicht Wechselrelais verbauen, dass +12 bei Bremse an und Masse bei Bremse aus verbindet. Wichtig: bevor Tempomat nach Start aktiviert werden kann, muss mindestens einmal ein Bremssignal (+12 V) registriert worden sein
E	Masse	
F	Stromversorgung	+12 V wenn Zündung an
G	Kupplungssignal	Je nach Programmierung wird Tempomat deaktiviert wenn +12 V anliegen oder wenn keine +12 V
H	Inhibit-Signal	Nur bei neueren Modellen: hier kann Motorsteuergerät Signal senden, um Tempomat zu deaktivieren. Für Nachrüstung wird ein Steuergerät gebraucht, wo dieser Pin unbelegt ist.
J	Signal Tempomat aktiv	Wenn Tempomat aktiv besteht hier Verbindung zu Masse. Kann für Set-Kontrolllampe/LED oder Diagnosestecker verwendet werden
K	Geschwindigkeitssignal	Rechtecksignal 50% an/aus. Anzahl Signale pro Strecke sind programmiert. Bei dem BMW K 1200 RS-Steuergerät

		sind es 6 Impulse pro Raddumdrehung (1.933 m), bei einigen GM-Modellen 4000 Pulse pro Meile. Die Pulse des Signals müssen nicht zwingend +12 V sein, +5 V genügt auch.
--	--	--

Ich verwende ein BMW K 1200 RS-Steuergerät (BMW-Nummer 65712305111). Dieser Tempomat lässt sich aufgrund der Programmierung nur zwischen 40 und 160 km/h nutzen. Grundsätzlich sollte sich jedes Delphi 25140015-Steuergerät verwenden lassen, dass laut Fahrzeug-Stromlaufplan Pin H unbelegt hat. Abgeklärt werden muss die Pulsanzahl pro Strecke auf Pin K (kann mit Oszilloskop gemessen werden, wenn man Spenderfahrzeug zur Verfügung hat) und ob auf Pin G (Kupplungsschalter) normalerweise +12 V anliegen soll oder nicht.

Werkzeuge

Multimeter, Lötkolben, Feile, Metallbohrer, Winkelschleifer, evtl. Oszilloskop zum Darstellen des Geschwindigkeitssignals, z.B. DSO150 für ca. 30 USD bei Aliexpress.

Teile

Teil	Quelle	Preis mit Versand bezahlt [EUR]
Steuergerät BMW K 1200 RS/GT vor 2006 (BMW-Nummer 65712305111)	eBay	67
Bowdenzugkabel einer K 1200/1300 (nur Spannhülse (inkl. Teil Nr. 32721451622) und Anschluss Steuergerät verwendet)	eBay	15
Stecker Delphi Metri Pack 150 10-polig	DeyTrade	21
Mini-Gehäuse für Schalter und LED, An-Aus-Schalter	McCoi	-
Widerstand 2.2 kΩ, LED gelb	Conrad	-
Set-/Res-Taster	eBay	4
Litzen, Schrumpfschlauch, selbstvul-		-

kanisierendes Isolierband, Gewebe-Isolierband, Kabelbinder		
Diode 1N4007 (2x wenn Arduino Nano verwendet)	Conrad, eBay, Aliexpress	-
Kfz-Relais 12 V (mit Sockel und Sicherung)	Conrad, eBay, Aliexpress	3.70
Sicherungshalter 10 A	Conrad, eBay, Aliexpress	-
Winkelverbinder für Möbel (Kabelhalter für Drosselklappe)	Amazon	-
Bowdenzugset Fahrradbremse hinten	Amazon , Coop Bau+Hobby	2.70
Speedohealer oder Teile unten		
Arduino Nano Klon	Aliexpress, eBay (DE), Ricardo (CH)	3.80
2x Optokoppler PC817 oder ähnlich	Aliexpress, eBay (DE), Ricardo (CH)	3.40 (5 Stk.)
1 k Ω Widerstand	Conrad, eBay, Aliexpress	-
2.2 k Ω Widerstand	Conrad, eBay, Aliexpress	-
2x 4.7 k Ω Widerstand	Conrad, eBay, Aliexpress	-
10 k Ω Widerstand	Conrad, eBay, Aliexpress	-
2x Keramikkondensator 100 nF	Conrad, eBay, Aliexpress	-
Elektrolytkondensator 10 μ F	Conrad, eBay, Aliexpress	-
Diode 1N4007 (bereits oben aufgelistet)	Conrad, eBay, Aliexpress	-
Suppressordiode (TVS) 1.5KE18A	Conrad, eBay, Aliexpress	6.50 (10 Stk.)
Sicherungshalter mit Sicherung 1 A	Conrad, eBay, Aliexpress	-
DC-DC-Konverter-Board 5V, z.B. LM2596 oder LM317 alternativ: L7805CV mit 330 nF Keramikkondensator und 100 μ F Elektrolytkondensator davor	eBay, Aliexpress Conrad, eBay, Aliexpress	0.90
Schraubklemmblock 4-polig	Conrad, eBay, Aliexpress	-
Lochrasterplatine	Conrad, eBay, Aliexpress	-

Viele Kleinteile hatte ich bereits zu Hause. Insgesamt habe ich ca. 130 EUR bezahlt, also so viel wie [diese](#) Gasgriffarretierung.

Elektrische Signale bei F 650 GS bereitstellen

Allgemein

Die Batterie muss während den Elektroarbeiten immer ausgebaut sein. Bei BMW sind braune Kabel immer Masse (manchmal wurde aber dort wo es nicht wichtig ist gepfuscht, bei mir die braunen Kabel zu den Blinkern +12 V).

Zum "anzapfen" von Kabel schabe ich mit einem Messer an einer Stelle etwas Isolation ab und verzinne die Kupferlitzen dort und des zu verbindenden Kabels. Die verzinnten Teile kann man einfach verlöten und die Stelle mit selbstvulkanisierendem Isolierband isolieren. Beim Löten muss immer das Metall so heiss werden, dass das Lötzinn auf dem Metall selbst und nicht nur auf dem LötKolben schmilzt, sonst hat man eine kalte Lötstelle, die nicht stabil ist.

Die einzelnen Kabel sollten immer noch mit Gewebe-Isolierband zur Bündelung und als Scheuerschutz ummantelt werden.

Schaltereinheit

Es werden zwei Drucktaster oder ein Wipp-Taster mit 2 Positionen gebraucht. Optional ist eine Set-Status-LED und ein An-/Aus-Schalter. Entweder kauft man sich eine Schaltereinheit (z. B. [hier](#), Qualität unbekannt) oder bastelt sich eine. Ich habe eine gebastelt wie in der [McCoi-Anleitung](#) unter Mini-Gehäuse auf Seite 21 beschrieben, aber mit nur einer LED. Ich habe an die Anode einer gelben LED direkt einen 2.2 k Ω -Widerstand angelötet (somit ist sie nicht zu hell und geht bei Überspannung nicht kaputt) und für die Taster einen Tast-Aus-Tast-Schalter von [hier](#) bestellt. Den Ein-Aus-Schalter habe ich weggelassen. Wenn man sowieso das Gehäuse im [Mc-Coi-Shop](#) bestellt, kann man auch den "Schalter für CrossMode" als Ein-Aus-Schalter mitbestellen. In die Schaltereinheit muss ein Zündungspluskabel (bei mir grün), ein Kabel, dass bei Set gedrückt +12 V zurückliefert (bei mir rot), ein Res-gedrückt-Kabel (bei mir gelb), evtl. ein Kabel für den geschalteten LED-Ausgang/Masse (violett) sowie evtl. ein An-/Aus-Schalter-Kabel (bei mir nicht vorhanden).

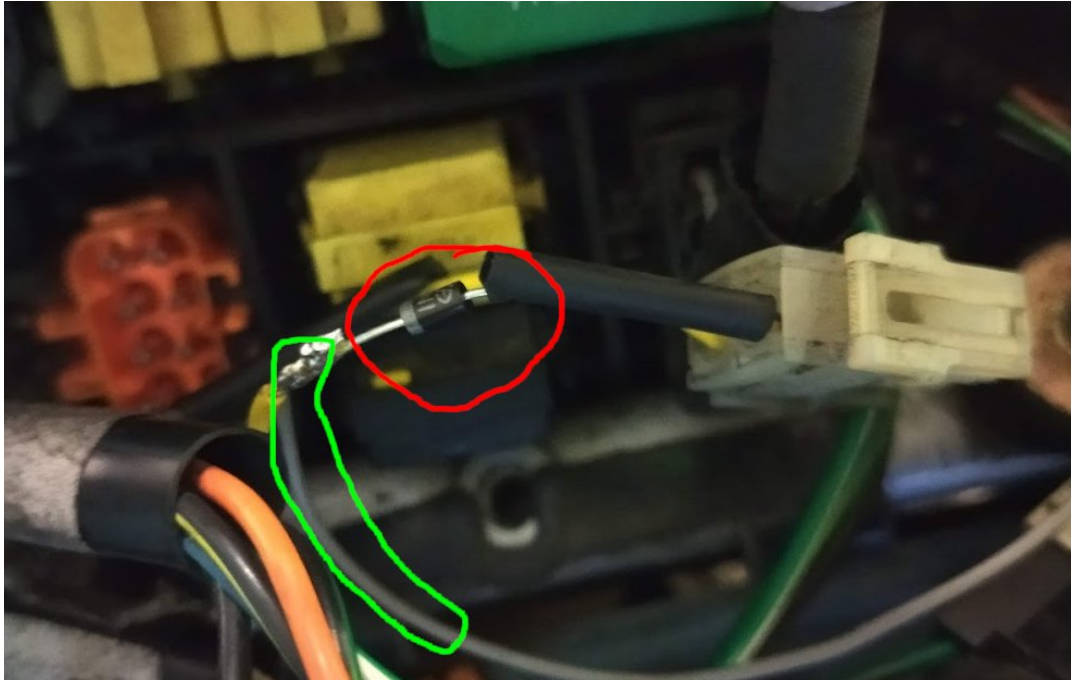
Das Zündungspluskabel (grün) wird mit dem mittleren Pin des Set/Res-Wipp-Tasters sowie evtl. mit dem 2.2 k Ω -Widerstand der LED und evtl. mit dem Ein-Aus-Schalter verbunden. An den Set-Ausgang (mit Multimeter Pin testen) kommt das rote, an de Res-Ausgang das gelbe Kabel. Die LED-Kathode (wenn verbaut) wird mit dem violetten Kabel verbunden (Der Tempomat verbindet die LED mit Masse, wenn er aktiv ist), der An-/Aus-Schalter mit einem weiteren. Ich habe alle Verbindungen auch im Mini-Gehäuse mit dünnem Schrumpfschlauch isoliert und wie in der Mc-Coi-Anleitung mit Heisskleber vergossen. Die Schaltereinheit testet man mit einem Multimeter und die LED mit einer 12 V-Batterie. Die Litzen umwickelt man mit Gewebefband oder verwendet ein passender Bündelungsschlauch.

Kupplungssignal

Das BMW K 1200 RS-Tempomatsteuergerät erwartet ein +12 V-Signal, wenn die Kupplung betätigt wird. Man kann dieses Signal mit einem Relais erzeugen. Dazu öffnet man die Elektronik-einheit beim Lenker. Links findet man den Stecker des Kupplungsschalters:



Dort wo der Stecker rechteckig ist, ist bei mir das weiterführende Kabel an der Buchse unten grau (nicht zu sehen) (mit Starter-Relais verbunden). Das sollte eigentlich bei allen F 650 GS Dual Spark so sein, garantieren kann ich es nicht. Man schneidet das Kabel an der grün markierten Stelle auf und lötet eine Diode 1N4007 dazwischen, die Kathode (Ringmarkierung) zeigt weg vom Stecker Richtung Kupplungsschalter (im Bild rot markiert). An die Kathode kommt ein weiteres Kabel (bei mir grau, im Bild grün markiert):



Das graue Kabel wird mit einem Relais verbunden. Die Diode verhindert, dass Strom auch Richtung Starter-Relais zur Masse abfließen kann und nur über den Kupplungsschalter mit Masse verbunden wird. Das ganze isoliert man mit Schrumpfschlauch (Ergebnis sieht man im vorherigen Bild).

Dieses graue Kabel verbindet man mit dem Spulen-Ausgang eines Relais. An den Spulen- sowie an den Relaisschaltereingang kommt Zündungsplus, an den Relaisschalteraussgang habe ich ein blaues Kabel gelötet (Vorsicht, nicht mit Tachosignal verwechseln, dass bei mir auch blau ist). Ich habe ein Relais mit integrierter Sicherung und Sockel gekauft. Ich habe leider vergessen, woher ich das Zündungsplus genommen habe. Es sollte aber laut Stromlaufplan in der Elektronik-einheit grün-gelbe Kabel habe, die angezapft werden können.

Am blauen Kabel muss jetzt bei der Betätigung der Kupplung +12V gegenüber Masse anliegen, sonst keine Spannung.

Bremssignal

Wenn kein LED-Bremslicht verbaut ist, kann direkt das Bremslichtkabel (unter Sitzbank, grün-rotes Kabel, wenn man Ummantelung öffnet) anzapfen. Bei einem LED-Bremslicht muss ein Wechselrelais verwendet werden, dass bei Bremslicht an +12V schaltet, bei Bremslicht aus Masse. Alternativ könnte auch ein passender Widerstand parallel zum Bremslicht montiert werden.

Stromversorgung

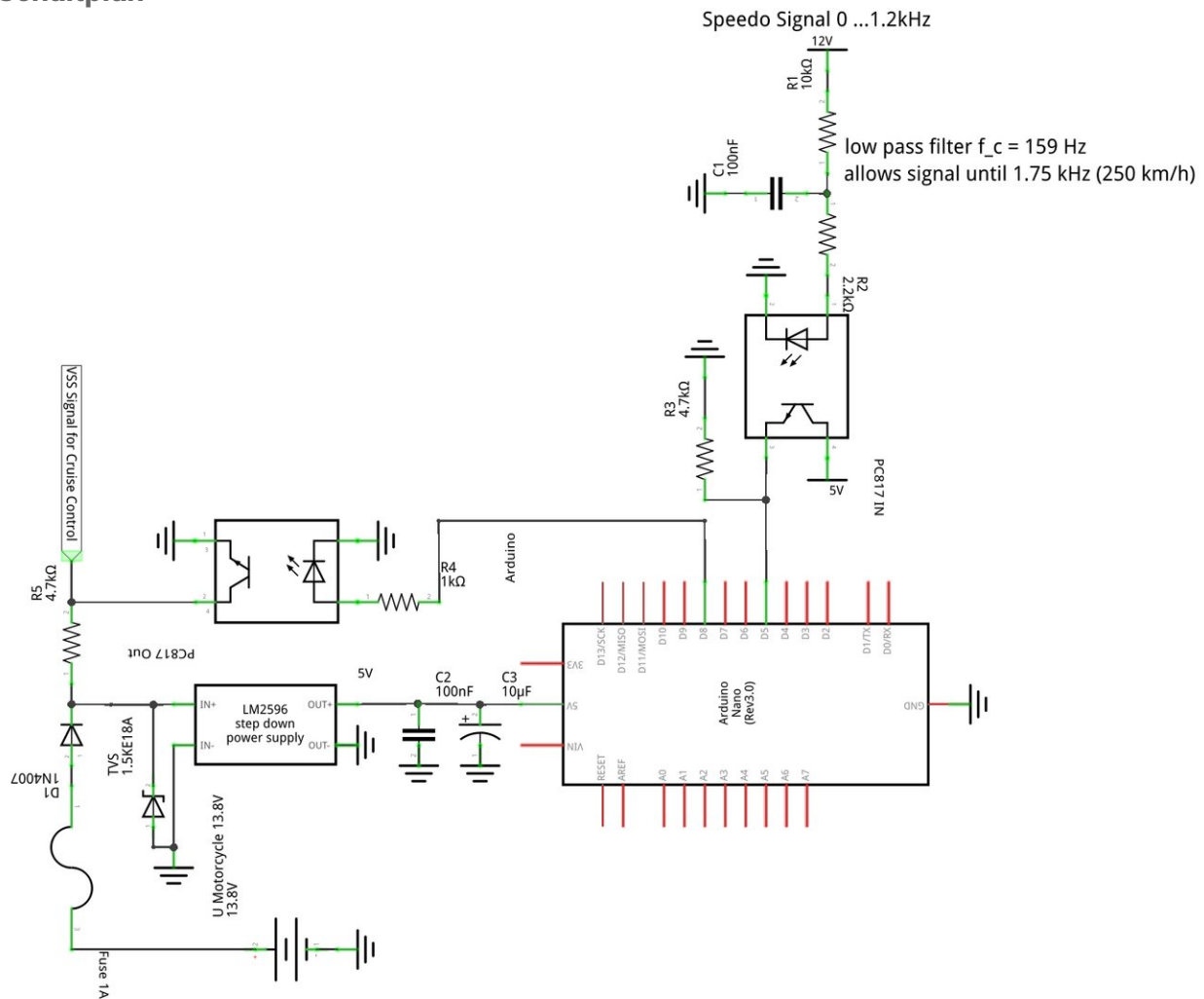
Die Masse sowie das Zündungsplus kann vom Zubehörstecker (braun für Masse, grün-gelb für Zündungsplus) in der Nähe der Airbox abgegriffen werden. Hier sollte eine 10 A-Sicherung dazwischengeschaltet werden.

Geschwindigkeitssignal

Vom blau-gelben Kabel des Zubehörsteckers kann ein 48 Impulse/Radumdrehung-Signal abgegriffen werden. Da die K 1200 RS 6 Signal pro Radumdrehung hat, muss das Signal in diesem Fall durch 8 geteilt werden. Das kann man z.B. mit einem Speedohealer machen. Mit einem Speedohealer SH-V4-AB könnte man zwei Konvertierungsfaktoren hinterlegen, um den Tempomat auch unter 40 km/h verwenden zu können.

Ich habe mit einem Arduino Nano-Klon selbst ein Konverter gebastelt. Dieser teilt nicht nur die Frequenz des Signals durch 8, sondern wendet auch die Funktion $v_{out} = 0.889 v_{in} + 17.8$ auf die Geschwindigkeit an, somit wird bei 25 km/h dem Tempomat 40 km/h gemeldet (bei 160 km/h ist es wieder 160), damit der Tempomat in den sich leider ausbreitenden 30er-Zonen verwendet werden kann.

Schaltplan

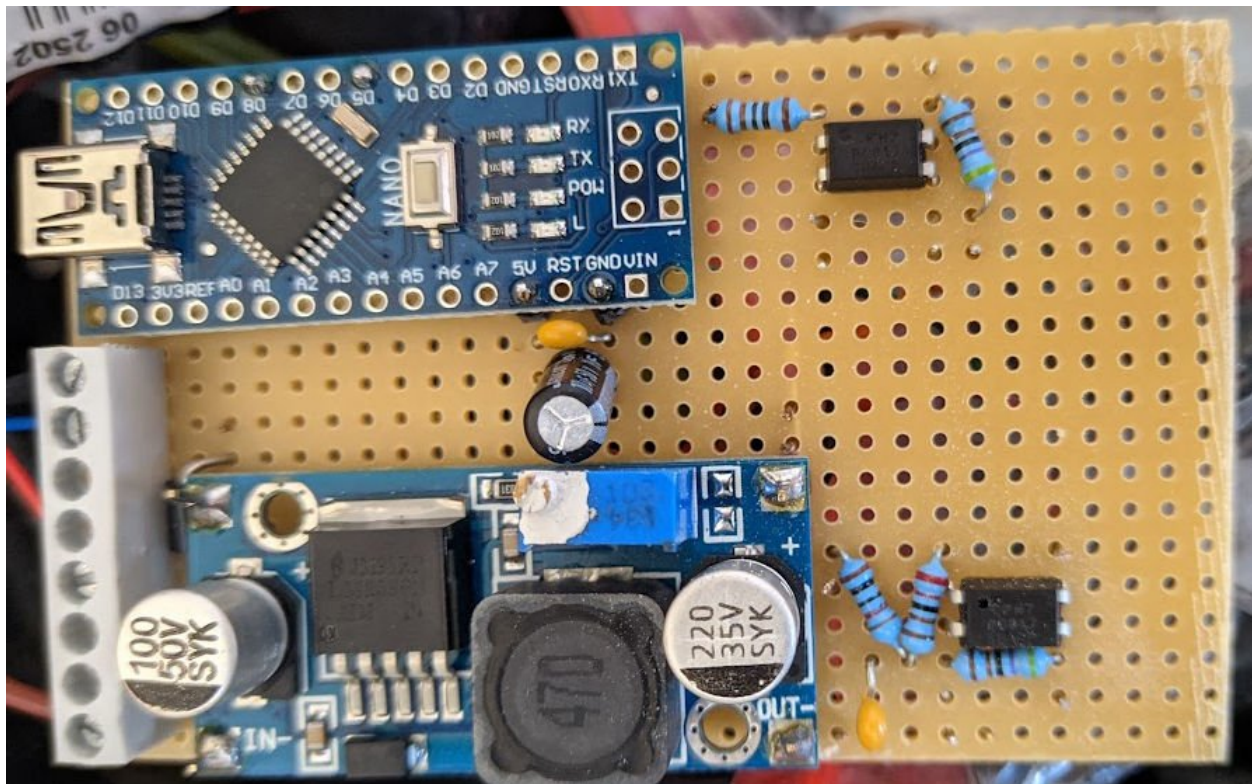


Da die Kfz-Bordspannung nicht konstant ist und bei besonderen Umständen (z.B. Batteriepol lose angeschlossen bei laufender Lichtmaschine, Überbrücken) extrem hohe Spannungsspitzen auftreten, sollte die Bordspannung zuerst konvertiert werden. Ich habe das mit zwei Dioden (eine normale 1N4007 gegen Verpolung und eine Suppressordiode [TVS] 1.5KE18A, die bei Überspannung bewusst einen Kurzschluss verursacht, damit die Sicherung schmilzt) und einem auf 5 V eingestellten LM2596-Modul gemacht. Um Schwankungen am Ausgang des LM2596-Moduls auszugleichen, habe ich dort zwei Kondensatoren (kleiner Keramikkondensator für «schnelle» Schwankungen, grösserer Elektrolytkondensator für «langsame» Schwankungen) eingefügt. Das LM2596-Modul kann auch durch einen simplen L7805CV-Wandler mit 2 zusätzlichen Kondensatoren am Eingang ersetzt werden (auf dem LM2596-Modul hat es bereits einen Eingangskondensator).

Zu beachten ist, dass die Zündungsanlage speziell bei höheren Drehzahlen deutliche hochfrequente Störsignale auf der Tachosignal-Leitung verursacht, weshalb man einen Tiefpassfilter

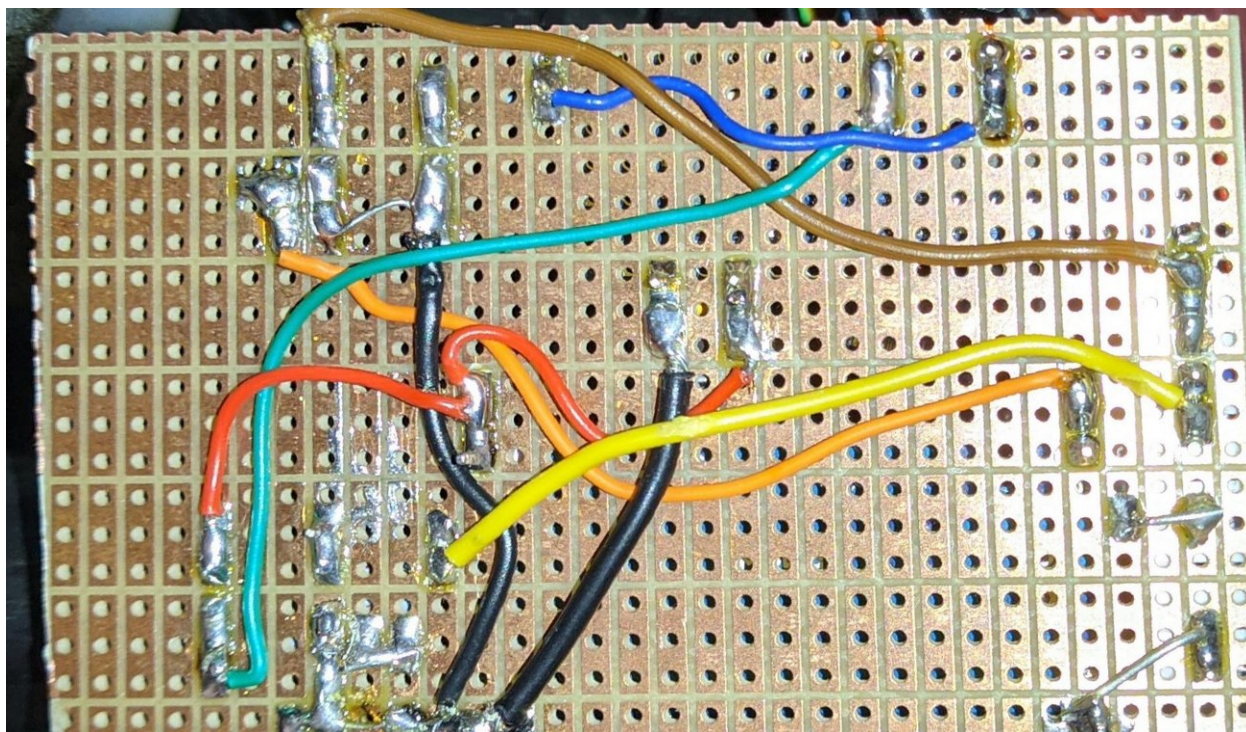
aus einem Keramikcondensator und einem Widerstand machen muss, bevor das Signal eingespeist werden kann. Mit Hilfe aus dem Arduino-Forum¹ und einem DS0150-Oszilloskop habe ich empirisch herausgefunden, dass ein 100 nF und 10 k Ω -Widerstand einen guten Tiefpassfilter geben. Da bei BMW das Geschwindigkeitssignal 12 V ist, Arduino aber mit 5V arbeitet, muss man auch das Geschwindigkeitssignal konvertieren. Das geht entweder mit Widerständen als Spannungsteiler (nicht optimal, da ja auch nicht garantiert immer 12 V), Transistoren oder Optokoppler. Ich habe Optokoppler verwendet, da bei Kleinmengen der Preisunterschied zu Transistoren nicht relevant ist und sie In- und Output galvanisch trennen. Der 5 V-Signal-Output des Arduinos habe ich auch wieder mit einem Optokoppler auf 12 V konvertiert (theoretisch unnötig, der Delphi-Tempomat kann mit einem +5 V-Geschwindigkeitssignal umgehen, aber sauberer, da so Arduino auch von Tempomat entkoppelt).

Zusammengelötet sieht es so aus:



Der obere Optokoppler ist für den Ausgang, der untere für den Eingang (weshalb dort der Kondensator des Tiefpassfilters zu sehen ist).

¹ <https://forum.arduino.cc/t/properly-decouple-arduino-in-and-output-with-opto-coupler-from-engine-noise/904778/6>



Ich habe diese Platine zur Isolierung und Dämpfung mit einem alten Stück aus einem Reifenschlauch umwickelt in eine Grethers Pastille's-Dose gepackt. Die Zugangsleitungen sollten möglichst kurz und gut gebündelt sein, damit Störsignale möglichst wenig Einfluss nehmen können. Der Quellcode für den Arduino ist im Anhang zu finden. Wenn alles gut getestet ist, werde ich es evtl. mit Epoxyharz vergießen.

Testprogramm

Das K 1200 RS-Steuergerät hat ein Testprogramm eingebaut, was nicht alle Delphi 25140015-Steuergeräte haben.

Anfangszustand: Das Motorrad steht in Neutral auf dem Hauptständer mit ausgeschalteter Zündung. Wenn verbaut, ist der Ein-Aus-Schalter auf an.

1. Bei gedrücktem Set-Taster schaltet man die Zündung an -> Set-LED an, Set-Taster loslassen -> Set-LED aus
2. Res-Taster drücken und halten -> Set-LED an, Res-Taster loslassen -> Set-LED aus
3. Ein-Aus-Schalter ausschalten (wenn nicht verbaut Kabel an Pin A lösen) -> Set-LED an, Ein-Aus-Schalter einschalten (wenn nicht verbaut Kabel an Pin A verbinden) -> Set-LED an
4. Kupplung ziehen -> Set-LED an, Kupplung loslassen -> Set-LED aus
5. Schritt 4 mit Kupplung wiederholen (K1200RS hatte einen Drosselklappenschalter, der hier getestet würde und wie der Kupplungsschalter wirkt)
6. Vorderbremse ziehen -> Set-LED an, Vorderbremse loslassen -> Set-LED aus
7. Hinterradbremse betätigen und gedrückt halten -> Set-LED an, nach einigen Sekunden

- aus, Hinterradbremse loslassen -> Set-LED an
8. Hinterrad drehen Set-LED blinkt
 9. Zündung aus

Wenn ein Schritt nicht funktioniert, ist das jeweilige Signal defekt.

Mechanische Arbeiten

Position für Steuergerät finden

Ich habe das Steuergerät unter die Sitzbank auf der Querstrebe fixiert. Dort hat es bereits ein Loch für einen Kabelbinder. Dort kann man ein kleines Stück Blech anschrauben, in das man ein Loch hinter der Querstrebe bohrt, mit dem das Steuergerät angeschraubt wird. Die Sitzbank ist bei mir bereits aufgepolstert ohne Höcker, mit einer normalen Sitzbank geht diese Montageposition evtl. nicht da dann das Steuergerät durchdrückt. Die Plastik-Unterseite der Sitzbank habe ich an der Stelle, wo das Steuergerät ist mit dem Heissluftgebläse erwärmt und ein Stück mit dem Cutter ausgeschnitten. Das Steuergerät drückt somit etwas in den Schaumstoff rein, die Sitzbank lässt sich aber praktisch normal schliessen. Später habe ich noch das Tempomatsteuergerät mit Farbe eingesprüht und die Sitzbank montiert, um danach etwas vom farbigen Schaustoff auszuschneiden.

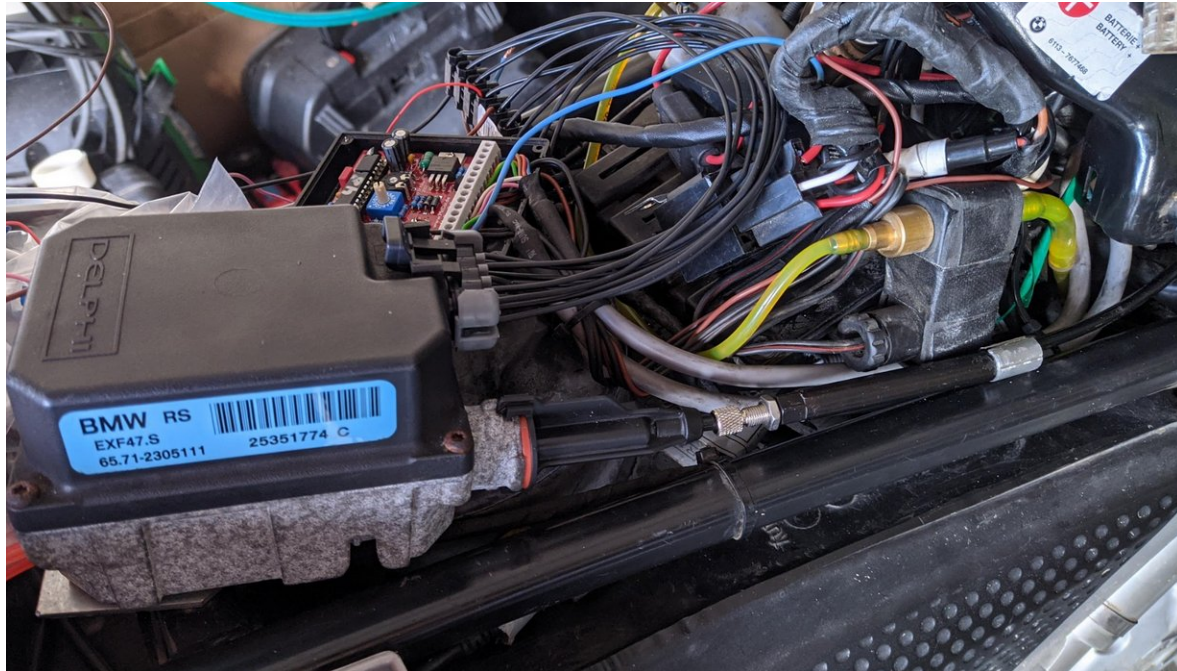


Drosselklappe und Gaszug

Die Drosselklappe wird wie in der BMW-Reparaturanleitung erklärt entfernt. Das Gaszughalteblech wird abgeschraubt (Sicherheitsschrauben, wenn Bit fehlt mit Winkelschleifer zu Schlitzschrauben machen). Jetzt muss mit Winkelschleifer und Bohrmaschine aus einem Möbelwinkel ein neues Halteblech produziert werden. Wichtig: die Löcher für die Bowdenzüge müssen exakt senkrecht über den Führungen im Plastik sein. Da der normale Gaszug noch eine Einstellungsmutter hat und das Ende des später verwendete Fahrradbremszugs auch etwas Platz benötigt, sollte das innere Loch (für den Tempomatzug) genug weit oben sein. Aus diesem Grund kann auch nicht einfach ein zweites Loch in den bestehenden Halter gebohrt werden, da dieser nicht genug Material nach oben hat.

Der Nippel des Fahrradbremszugs war bei mir etwas zu gross. Man kann in einfach mit der Feile passend für die Vertiefung in der Drosselklappe machen. Der Zug wurde zum Steuergerät verlegt und abgeschnitten. Die Hülle muss deutlich stärker gekürzt werden, da ja noch die Spannhülse des Original-Zugs direkt vor dem Steuergerät reinkommt. In den Anschluss des Steuergeräts kommt ein kurzes Stück Hülle und dann die Spannhülse. Die Spannhülse könnte auch einfach durch ein Stück Aluminiumrohr, in das man oben und unten ein Gewinde hineinbohrt und eine Bowdenzug-Spannschraube hineinschraubt, ersetzt werden. Die Spannhülse muss am Ende Richtung Drosselklappe mit [Teil Nr. 32721451622](#) verschlossen werden. Da mir das Teil heruntergefallen und weggerollt ist, habe ich stattdessen einen 10 mm-Aluminiumstab in der Bohrmaschine statt einem Bohrer eingespannt und ein Ende mit einer Feile auf 8 mm abgedreht. Wenn man es jetzt noch durchbohrt (10 mm-Ende etwas grösser Durchmesser) und die Bohrung seitlich mit dem Winkelschleifer zu einem Schlitz öffnet, hat man das passend Teil.

Der Nippel auf der Seite des Steuergeräts muss extrem klein sein, man kann deshalb einfach die Drähte etwas aufbiegen und mit einem ElektroniklötKolben und -zinn einen passenden Nippel erzeugen (vorher Drähte mit Bremsreiniger entfetten). Der Zug bei sollte bei mittlerer Einstellung der Spannschraube noch ca. 4-5 mm Spiel haben. Bei warmem Motorrad sollte das Spiel später auf 2-3 mm eingestellt werden. Am Anfang lässt man besser etwas mehr Spiel, man kann jederzeit etwas abschneiden und mit dem LötKolben einen neuen Nippel produzieren. Wenn das Spiel zu gross ist, "fällt" der Tempomat immer wieder raus, wenn es zu klein ist, steht die Drosselklappe immer etwas offen und der Motor dreht ohne Gas zu geben hoch.



Abschluss

Man führt nochmals das Testprogramm durch und macht dann eine vorsichtige Testfahrt und schaut, ob der Tempomat bei Druck auf Set anschlägt und auch drinbleibt. Wenn der Motor hochdrehen sollte (Bowdenzugspiel zu klein oder Kabel verklemmt), muss man sofort per Kill-schalter den Motor abschalten und das Problem korrigieren. Falls der Tempomat immer "rausfällt", ist entweder das Bowdenzugspiel zu gross oder das Geschwindigkeitssignal nicht gut. Bei Problemen kann man das Geschwindigkeitssignal kann man mit einem Mini-Oszilloskop wie dem DSO150 während der Fahrt beobachten. Wenn es ungleichmässig ist, werden wahrscheinlich Störsignale erfasst. Die am Oszilloskop angezeigte Frequenz muss mit dem Faktor 1.2 multipliziert werden (eine Radumdrehung [ca. 2 m] pro Sekunde ist 7.2 km/h, dabei werden beim K 1200 RS 6 Signal generiert, $7.2/6=1.2$), damit man die ans Tempomatsteuergerät gesendete Geschwindigkeit in km/h bekommt. Wenn der Motor warm gefahren ist und sich der Bowdenzug durch eine mehrmalige Aktivierung des Tempomats «gesetzt» hat, wird das Bowdenzugspiel auf 2-3 mm eingestellt.

Anhang

Code für Arduino, basierend auf https://github.com/onetransistor/arduino-projects/blob/master/freq_count/freq_count.ino:

```
// Arduino frequency converter based on:  
// Arduino frequency counter from a few Hz up to 6 MHz  
// One Transistor, 2018
```

```

// https://www.onetransistor.eu/
//
// Based on:
// * Frequency Counter sketch by Nick Gammon (CC BY 3.0 AU)
//   http://www.gammon.com.au/timers
// * FreqCounter library by Martin Nawrath (LGPL 2.1)
//   http://interface.khm.de/index.php/lab/interfaces-advanced/ar-
//   duino-frequency-counter-library/

// set sampling period here (in milliseconds):
#define DEBUG
#define N_SAMPLES 5 // size of circular buffer for measured impulses

const unsigned int samplingPeriod = 50; // in ms

// Timer 1 overflows counter
volatile unsigned long overflow1;

volatile unsigned int out_pulse_us = 0;
unsigned long last_time_out;
bool current_state_out = LOW;

#ifdef DEBUG
unsigned long last_time_print = 0;
#endif

const float M = 0.889;
const float K = 17.8;
const byte OUT_PIN = 8;

unsigned int samples[N_SAMPLES]; // circular buffer for samples
unsigned short samples_index = 0;

void init_Timer1() {
    overflow1 = 0; // reset overflow counter

    // Set control registers (see datasheet)
    TCCR1A = 0; // normal mode of operation
    TCCR1B = bit(CS12) | bit(CS11) | bit(CS10); // use external clock
    source

    TCNT1 = 0; // set current timer value to 0

    TIMSK1 = bit(TOIE1); // enable interrupt on overflow

```

```

}

ISR(TIMER1_OVF_vect) {
    overflow1++; // increment overflow counter
}

// Timer 2 overflows counter
volatile unsigned int overflow2;

void init_Timer2() {
    overflow2 = 0; // reset overflow counter

    GTCCR = bit(PSRASY); // reset prescalers

    // Set control registers (see datasheet)
    TCCR2A = bit(WGM21); // CTC mode
    TCCR2B = bit(CS22) | bit(CS20); // prescaler set to 1/128, "ticks"
    at 125 kHz
    OCR2A = 124; // counts from 0 to 124, then fire interrupt and re-
    set;

    TCNT2 = 0; // set current timer value to 0

    TIMSK2 = bit(OCIE2A); // enable interrupt
}

// interrupt happens at each 125 counts / 125 kHz = 0.001 seconds = 1
ms
ISR(TIMER2_COMPA_vect) {
    if (++overflow2 < samplingPeriod) // add an overflow and check if
    it's ready
        return; // still sampling

    samples[samples_index] = (overflow1 << 16) + TCNT1;
    unsigned long totalSamples = 0;
    for (unsigned short i=0; i<N_SAMPLES; i++) {
        totalSamples += samples[i];
    }

    // float freqHz = (float)totalSamples / (float)N_SAMPLES * 1000. /
    samplingPeriod;
    // float kmph_in = freqHz * frq_const_in; // 1.933 m/s (wheel cir-
    cumflex) == 6.9588 km/h -> 6 Hz (measured), -> v = frq * 6.9588/6 ==

```

```

    frq * 1.1598 (frq_const_out); 48 pulses, 1.95m -> .14625
    (frq_const_in)
    // float kmph_out = (kmph_in * M + K); // from Excel
    // float frq_out = kmph_out * (1 / frq_const_out);
    // out_pulse_us = 500000 / frq_out; // there is a low and a high
    pulse -> divide by 2 -> 1e6/2 == 5e5*/
    // out_pulse_us = 500000 * .14625 * 1/(((overflow1 << 16) + TCNT1)
    * 1000. / samplingPeriod) * .14625 * 0.889 + 17.8)
    // out_pulse_us = 500000 * frq_const_out / (((overflow1 << 16) +
    TCNT1) * 1000. / samplingPeriod * frq_const_in * M + K)
    // out_pulse_us = 500000 * frq_const_out / (((overflow1 << 16) +
    TCNT1) * 130. / samplingPeriod + 17.8);
    // out_pulse_us = 579900. / (((overflow1 << 16) + TCNT1) * 3.25 +
    17.8); // correct
    // out_pulse_us = 500000 * frq_const_out / ((float)totalSamples /
    (float)N_SAMPLES * 1000. / samplingPeriod * frq_const_in * M + K);
    // out_pulse_us = 500000 * 1.1598 / ((float)totalSamples / 5 * 1000.
    / 50 * .14625 * 0.889 + 17.8);
    out_pulse_us = 579900. / ((float)totalSamples * .520065 + 17.8);

    // reset timers
    TCNT1 = 0; overflow1 = 0;
    TCNT2 = 0; overflow2 = 0;
    samples_index++;
    if (samples_index >= N_SAMPLES) {
        samples_index = 0;
    }
}

void setup() {
    for (int i=0; i<N_SAMPLES;i++) {
        samples[i] = 0;
    }
    #ifdef DEBUG
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("Arduino Frequency Converter");
    Serial.println();
    last_time_print = millis();
    #endif

    // Disable Timer0; millis() will no longer work
    //TCCR0A = 0; TCCR0B = 0;

    // start timer 1 (count frequency)

```

```

    init_Timer1();
    init_Timer2();
    pinMode(OUT_PIN, OUTPUT);
    last_time_out = micros();
}

void loop() {
    if((micros() - last_time_out) > (out_pulse_us - 8)) { // 8us for
delay
        last_time_out = micros();
        byte new_state = (byte)(!current_state_out);
        digitalWrite(OUT_PIN, new_state);
        current_state_out = new_state;
    }
    #ifdef DEBUG
    if((millis() - last_time_print) > 1000) { // print every second
        last_time_print = millis();
        Serial.print("out_pulse_us: ");
        Serial.print(out_pulse_us);
        Serial.print(" us (");
        unsigned int freq = 1000000/(2*out_pulse_us);
        Serial.print(freq);
        Serial.print(" Hz, ");
        Serial.print(freq * 7 / 6);
        Serial.println(" km/h");
    }
    #endif
}

```