

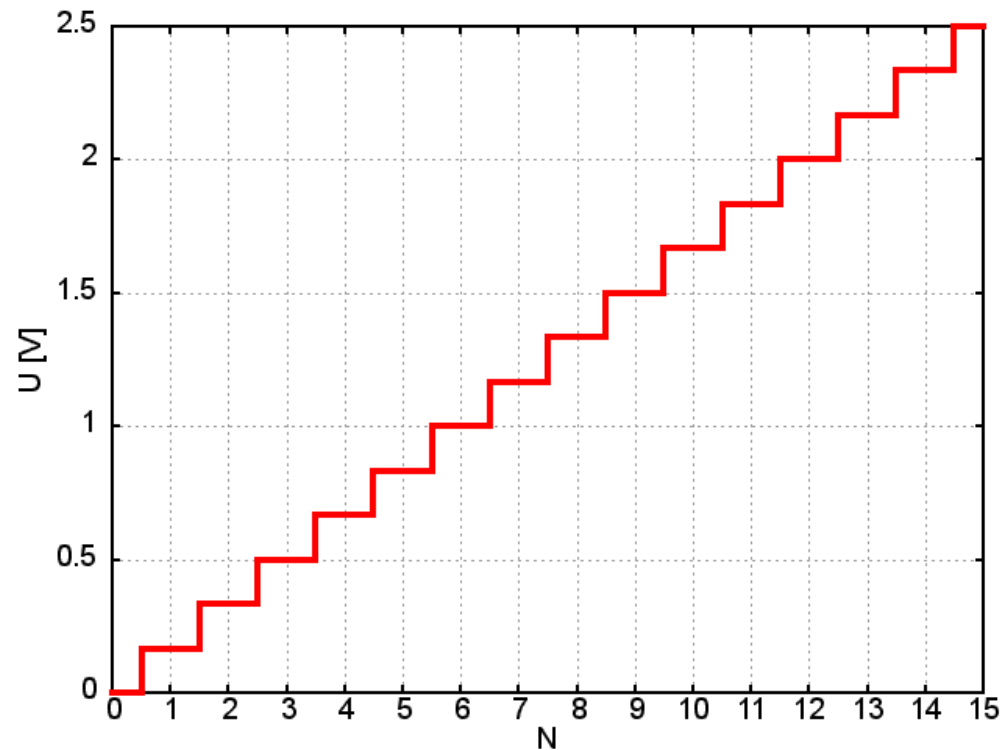
Computer Engineering WS 2012

PWM

HTM – SHF - SWR

Prinzip

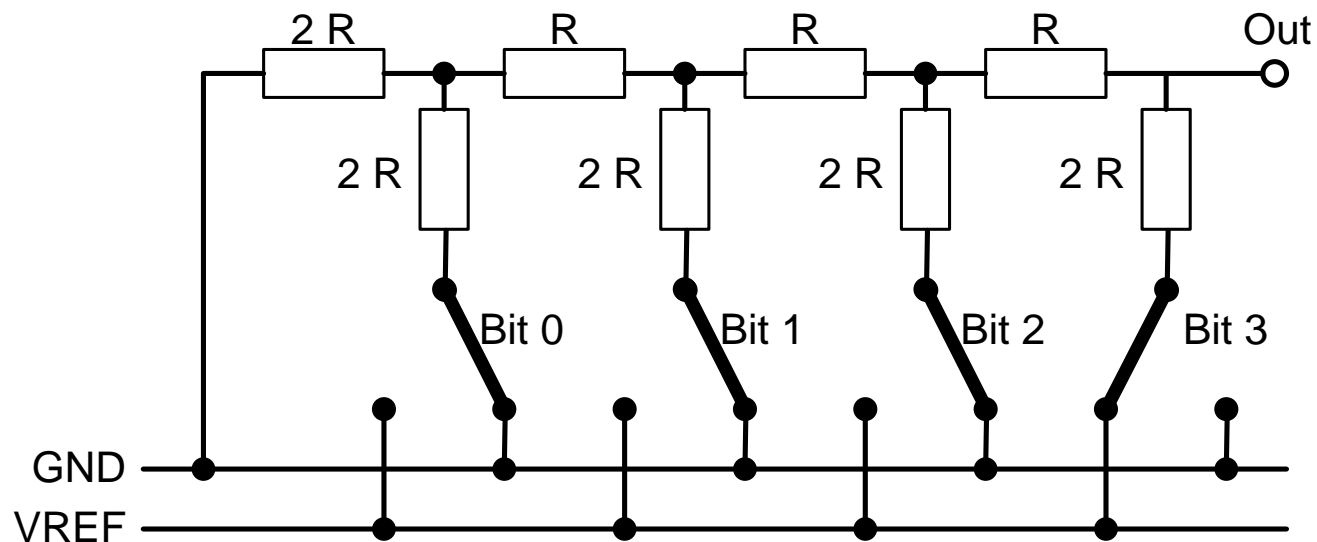
- ▶ Erzeugung einer analogen Spannung
- ▶ Eingang:
 - ▶ Integerzahl N im Bereich N_{\min} bis N_{\max} ,
z.B. M-Bit Wandler: 0 bis $2^M - 1$
- ▶ Ausgang:
 - ▶ Analoge Spannung U
im Bereich U_{\min} bis U_{\max}
 - ▶ Linear abhängig von N



CE WS12

Prinzipieller Aufbau

► R/2R-Netzwerke



LPC2468: DAC

- ▶ **Eigenschaften:**
 - ▶ **10-Bit Digital-Analog Wandler**
 - ▶ **Separate Anschlüsse für Spannungsversorgung: V_{DDA} , V_{SSA}**
 - ▶ **Separater Anschluss für Referenzspannung: V_{REF}**
 - Im Praktikum: $V_{REF} = 3,3$ Volt
 - ▶ **$A_{OUT} = VALUE / 1024 * V_{REF}$**
- ▶ **Initialisierung:**
 - ▶ **Takt einstellen: PCLKSEL0**
 - ▶ **Ausgangspin AOUT aktivieren und konfigurieren: PINSEL1 und PINMODE1.**
- ▶ **Ausgabe:**
 - ▶ **Wert in das Register DACR schreiben.**
 - ▶ **Bitanordnung beachten.**



DAC: Nachteile

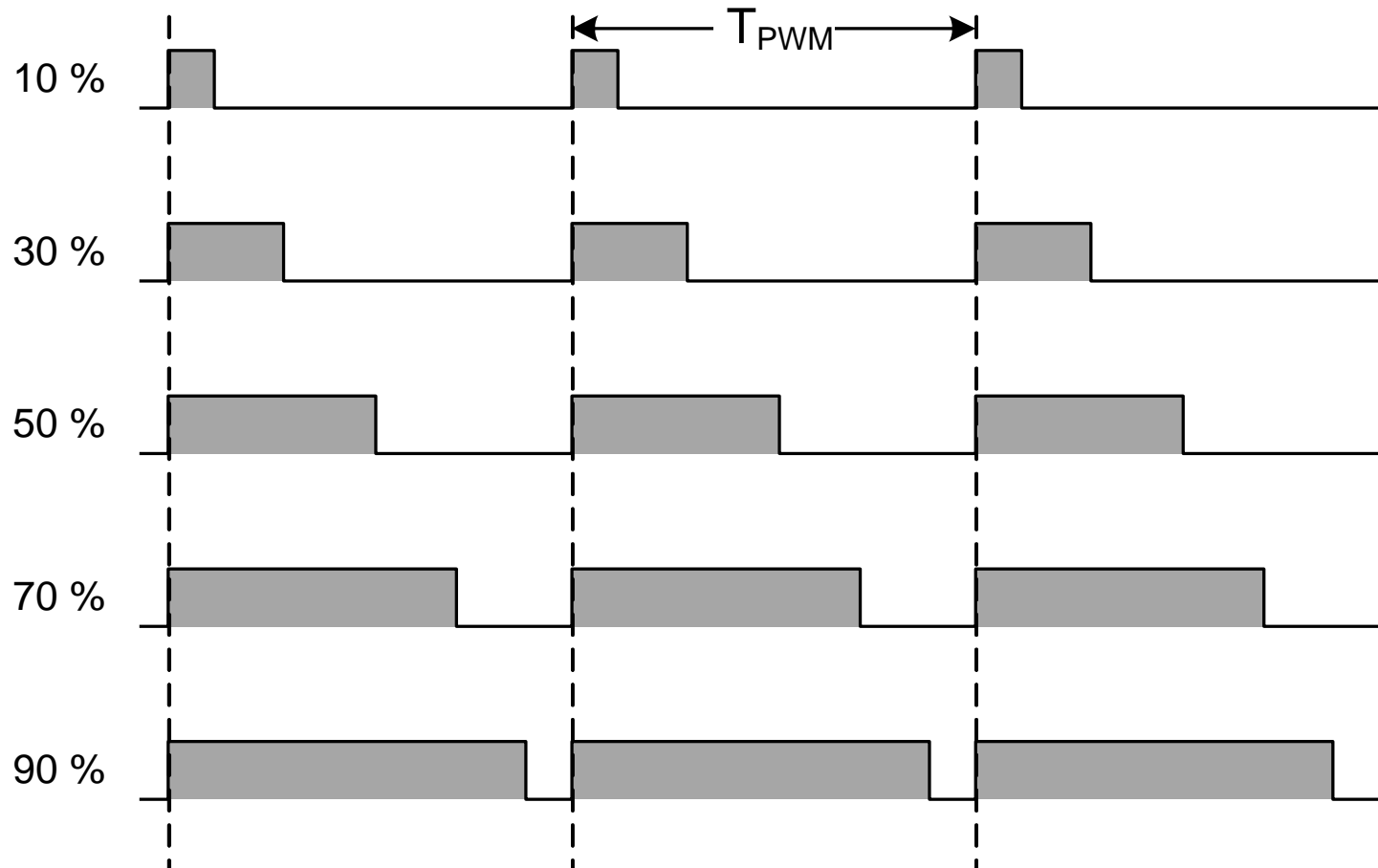
- ▶ **Aufwändige analoge Schaltung**
 - ▶ **Kostenintensiv**
 - ▶ **Störanfällig**

Pulsweitenmodulation (PWM)

- ▶ **Kann mit reinen digitalen Schaltungen realisiert werden**
- ▶ **Kostengünstig in Mikrocontroller integrierbar.**
- ▶ **Vielfältige Einsatzmöglichkeit, z.B.:**
 - ▶ **Erzeugung analoger Signale,**
 - ▶ **Ansteuerung von Gleichstrommotoren,**
 - ▶ **Ansteuerung von Schritt- und bürstenlosen Motoren,**
 - ▶ **Signalübertragung (z.B.: Funkfernsteuerungen).**

Grundprinzip

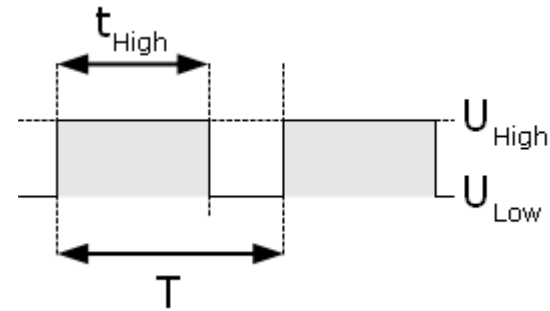
- ▶ Signal mit vorgegebener Frequenz und
- ▶ variabler Pulspausenzeit.



Tastverhältnis (Duty Cycle)

- Verhältnis der Dauer des High-Zustandes zur Periodendauer

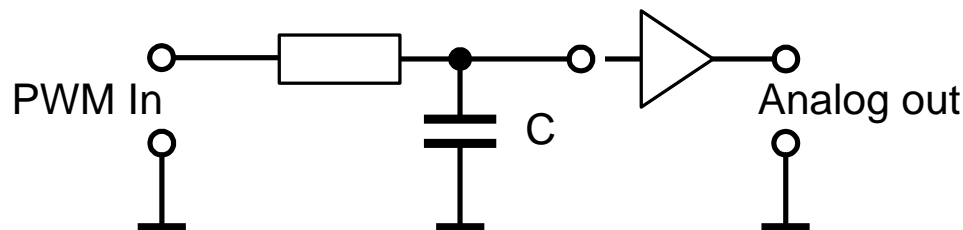
$$D = \frac{t_{High}}{T}$$



Spannungsmittelwert

$$U_m = U_{Low} + D \cdot (U_{High} - U_{Low})$$

- Lineare Beziehung zwischen U_m und D !
- Mittelwertberechnung mit Hilfe eines Tiefpassfilters



Tastverhältnis (Duty Cycle)

- ▶ Basiert auf Zähler mit M Bit.
- ▶ Zähler wird mit festem Takt f_{Takt} betrieben.
- ▶ Zähler wird beim Erreichen von N_{TOP} zurückgesetzt.
- ▶ Steuerung des PWM-Ausgangs:
 - ▶ z.B.: High beim Zurücksetzen des Zählers und
 - ▶ LOW beim Erreichen des Match-Registers.

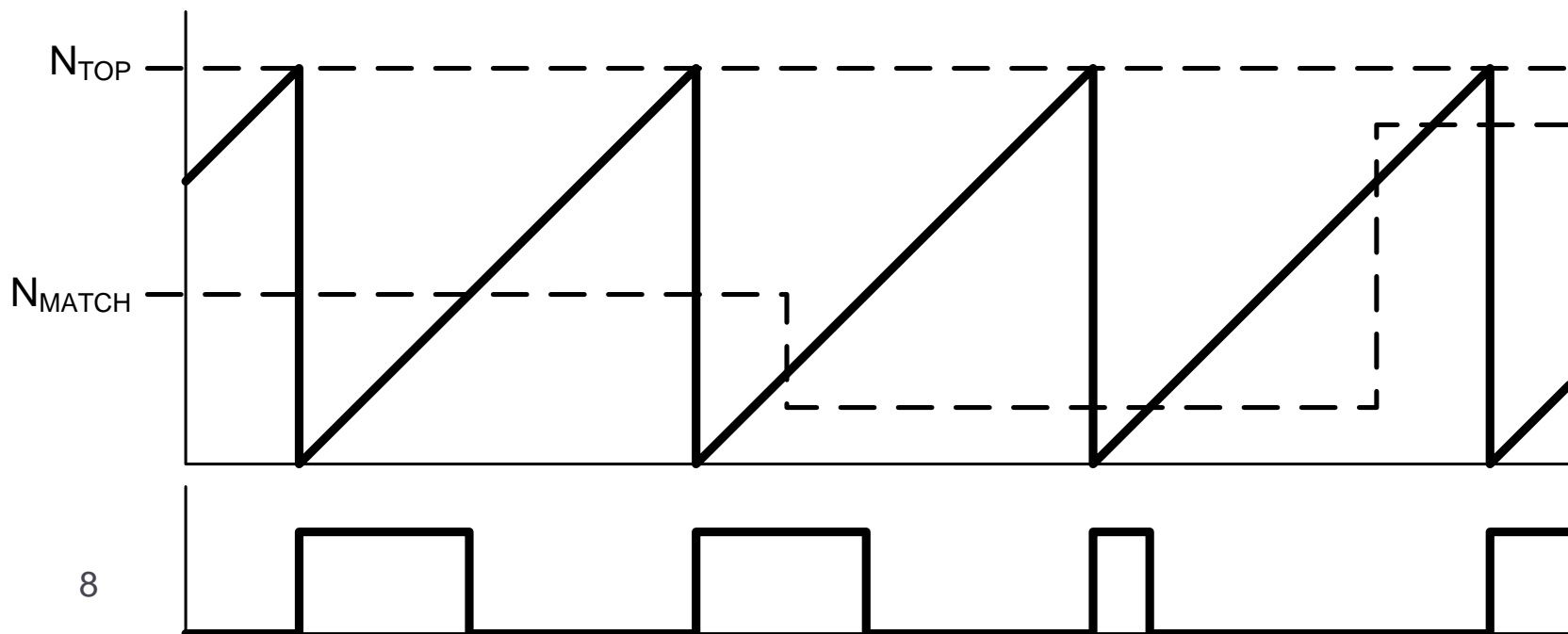


Abbildung auf physikalische Größen

- ▶ Meist linearer Zusammenhang.
- ▶ Beispiel Temperatursollwert (z.B. für Heizung):
 - ▶ Gefordert: Bereich von -40 °C bis 100 °C
Auflösung 0.2 °C
 - ▶ Realisierung:

PWM-Zähler	Temperatur
0	-40 °C
200	0 °C
700	100 °C
 - ▶ Mindestens erforderlich: 10-Bit Zähler
 - ▶ Annahme Taktfrequenz $f_{\text{Takt}} = 8 \text{ MHz}$
 - ▶ $f_{\text{PWM}} = f_{\text{Takt}} / N_{\text{TOP}} = 11.4 \text{ kHz}$



Kenngroßen

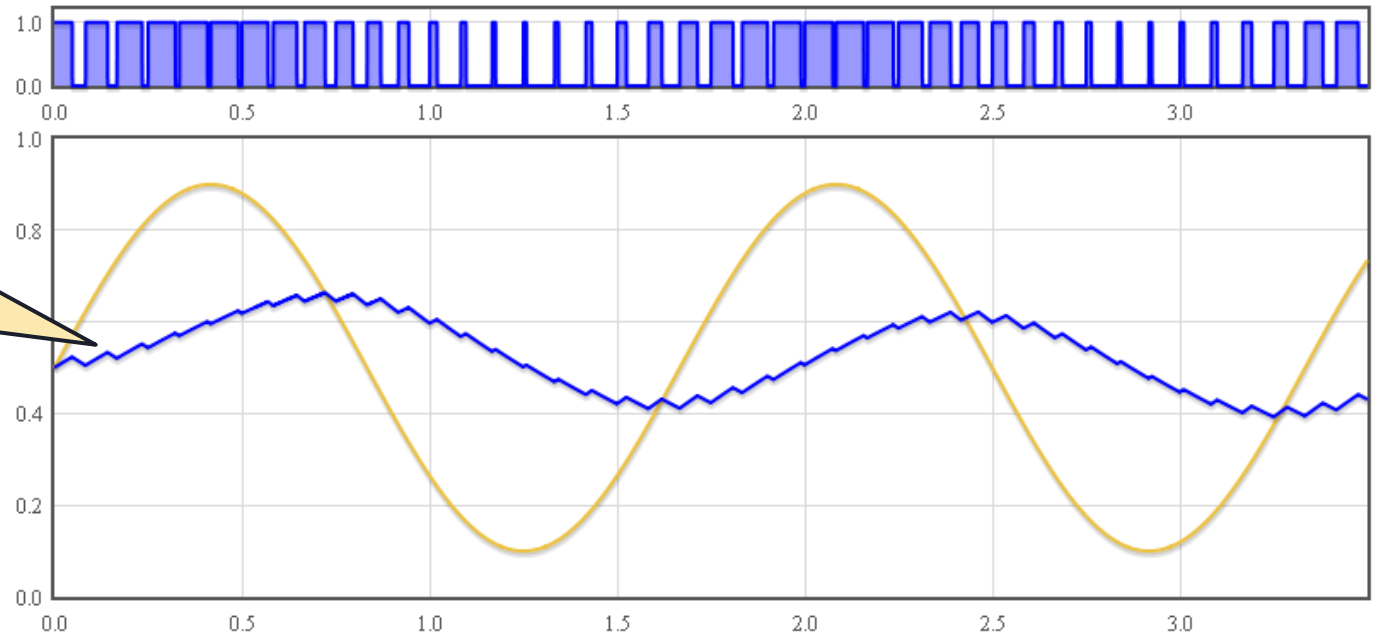
- ▶ f_{PWM} Frequenz der PWM-Ausgangsimpulse.
- ▶ f_{Takt} Taktfrequenz des PWM-Zählers.
- ▶ Auflösung (Resolution):
- ▶ Bereich (Range):
- ▶ Einschwingzeit (settling time):



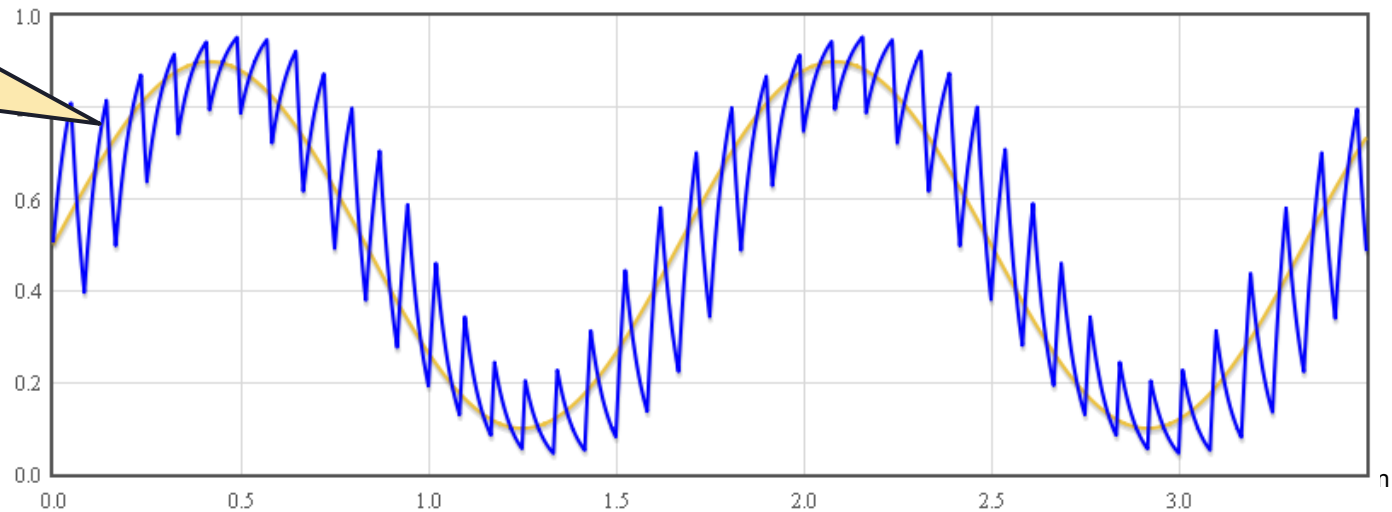
CE WS12

Optimierung Tiefpassfilter

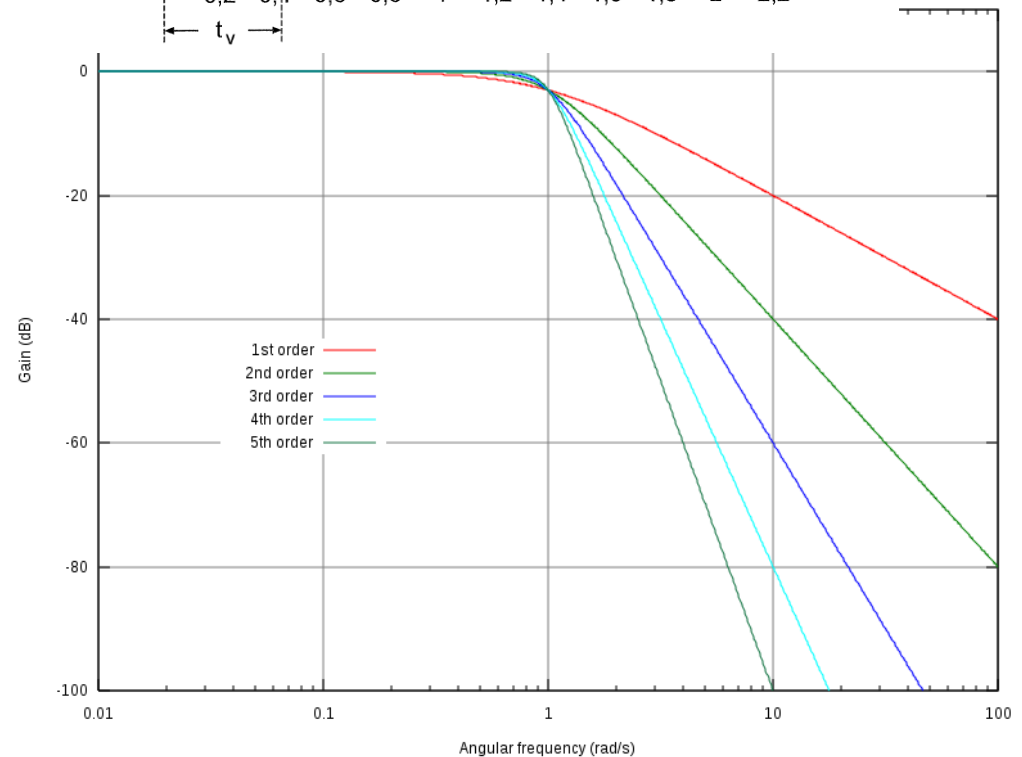
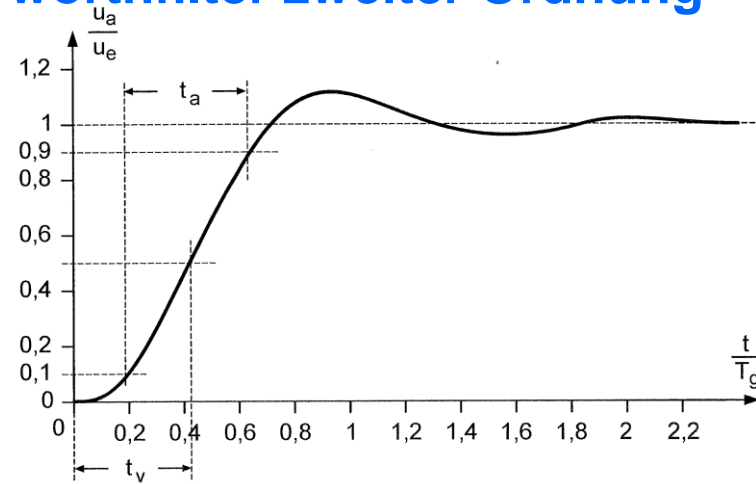
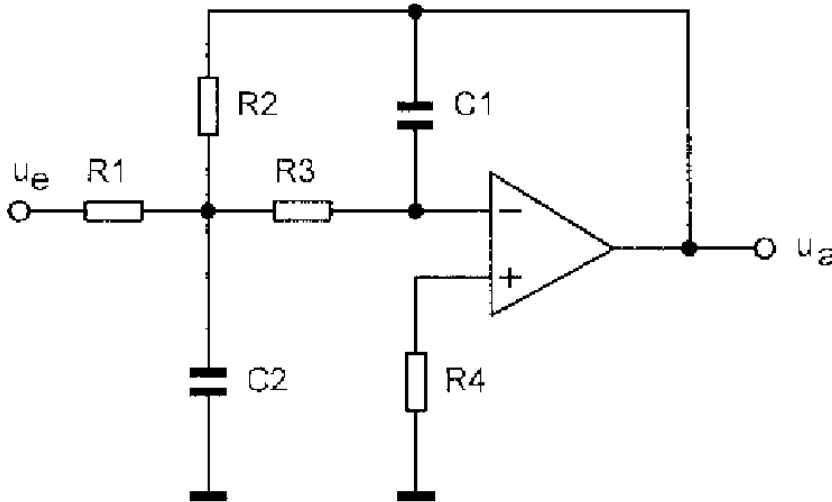
Grenzfrequenz
zu niedrig



Grenzfrequenz
zu hoch

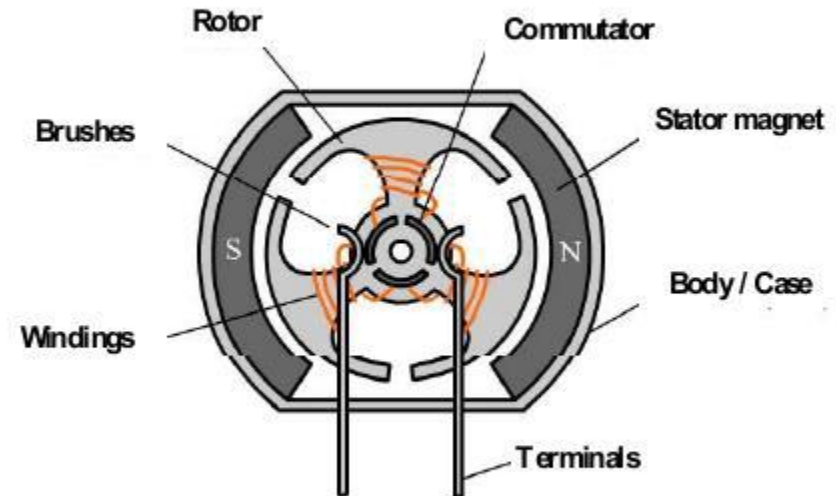
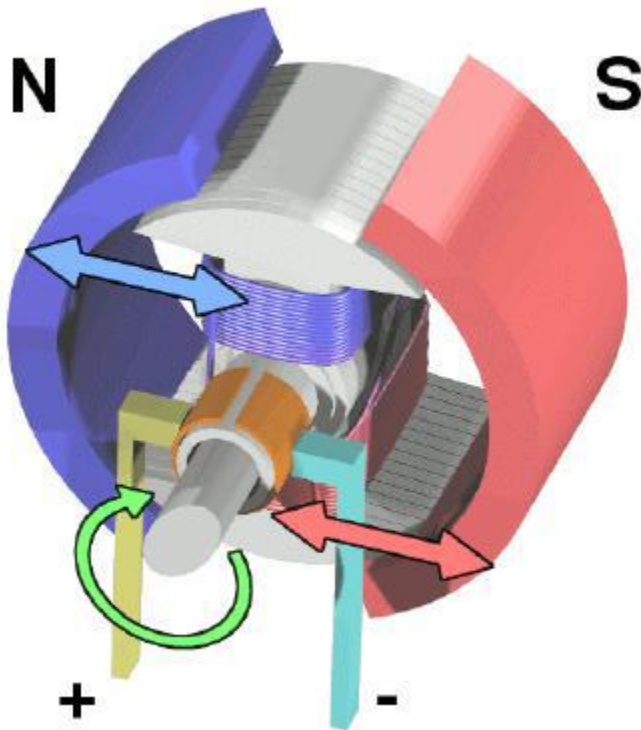


Optimierung Tiefpassfilter, Butterworthfilter zweiter Ordnung

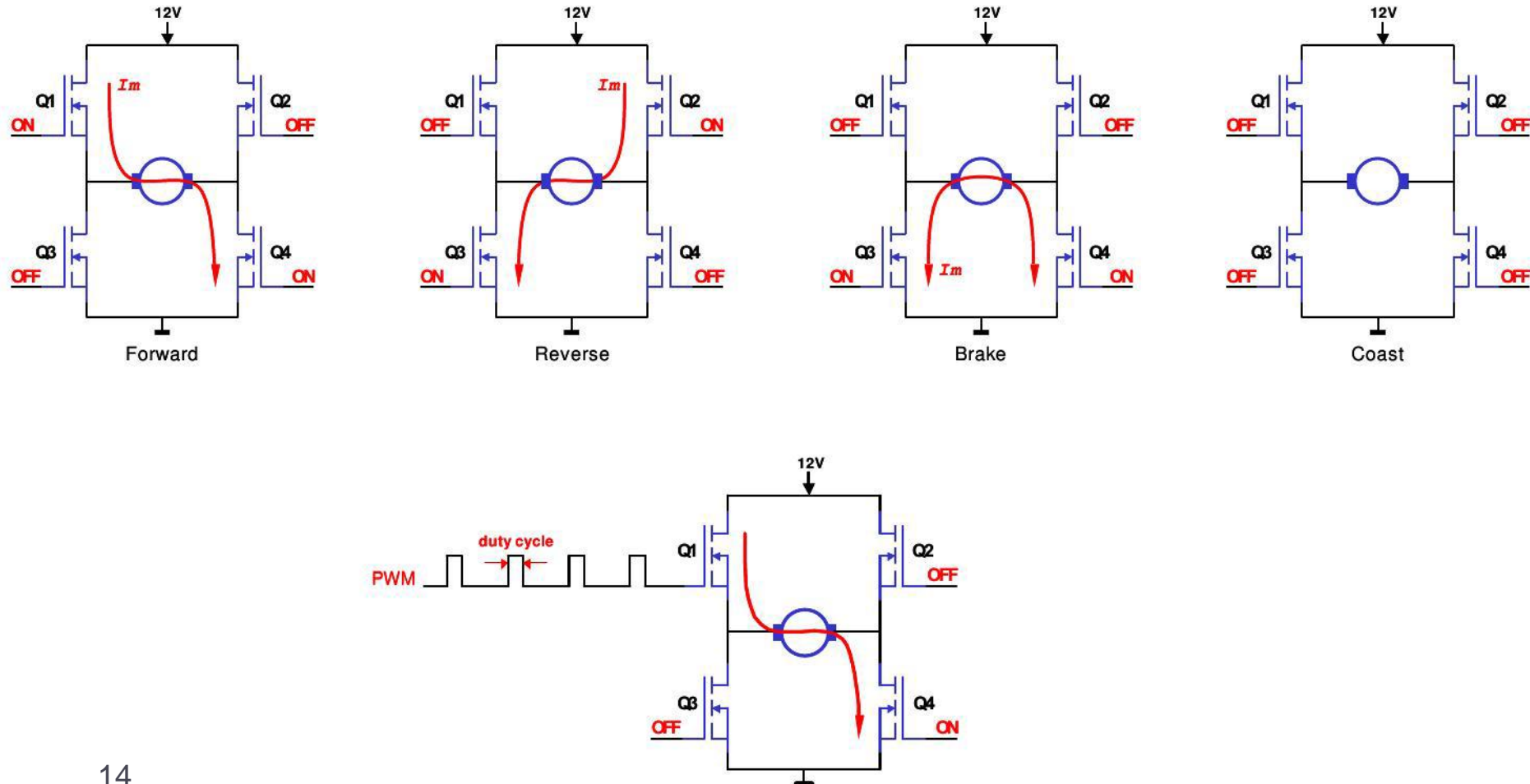


Aus: Trampert,
„Messen, Steuern und Regeln
mit AVR Mikrocontrollern“
und Wikipedia

Anwendung PWM: Ansteuerung von Gleichstrommotoren



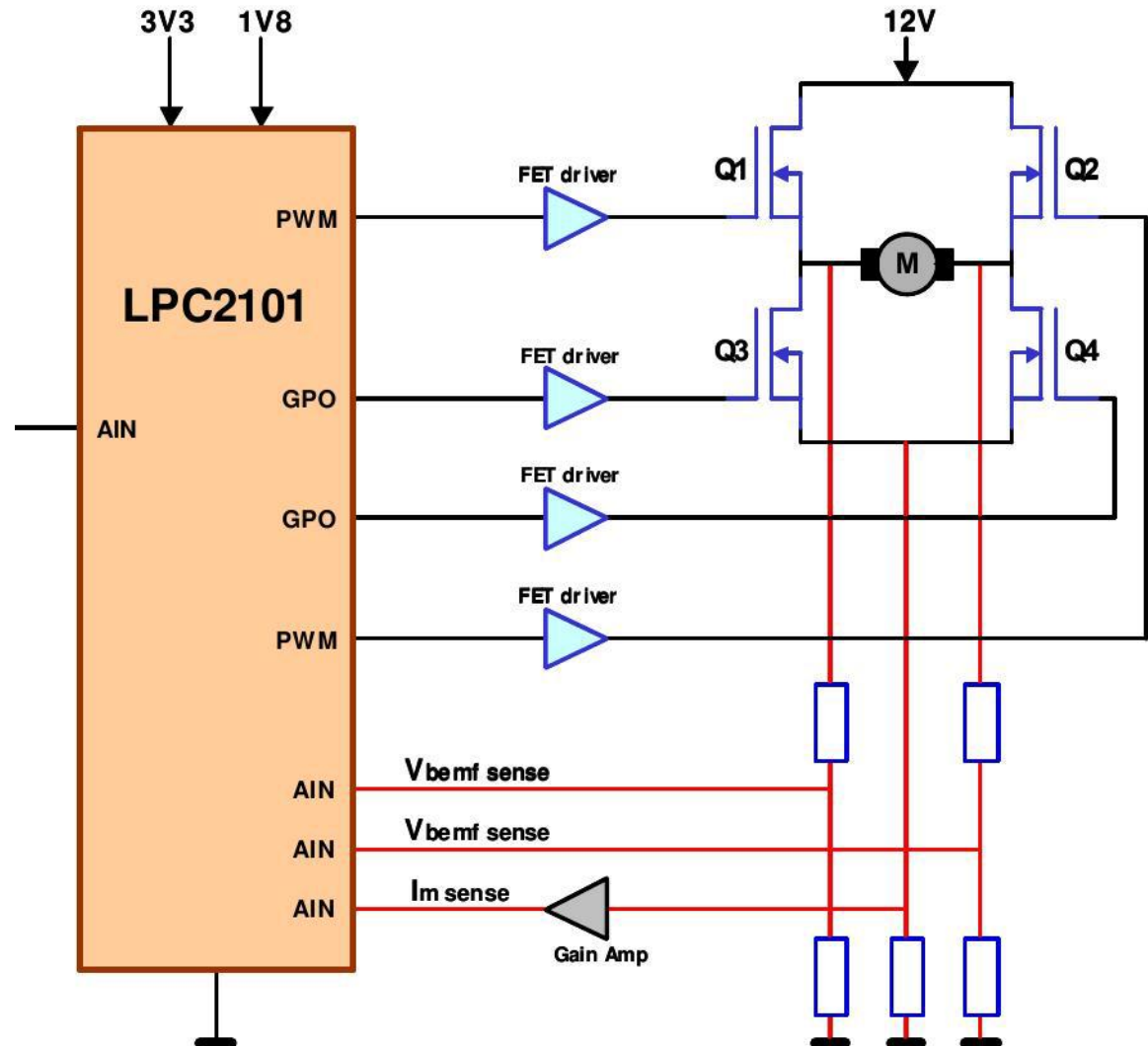
Anwendung PWM: Ansteuerung von Gleichstrommotoren



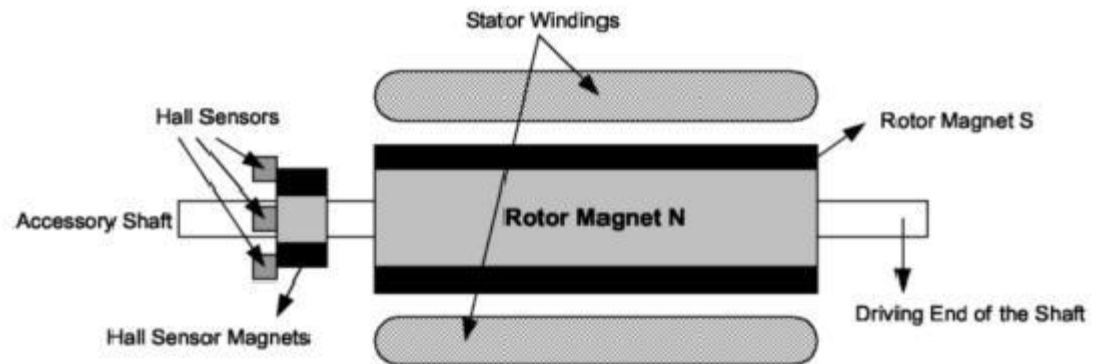
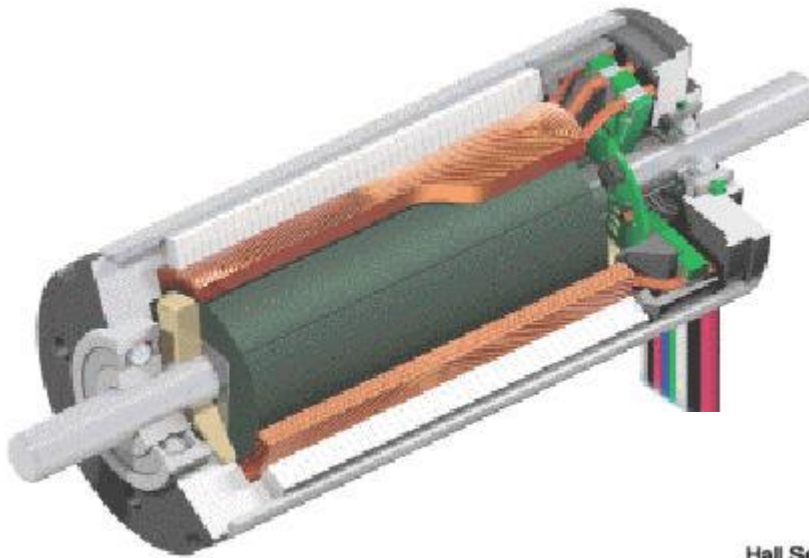


CE WS12

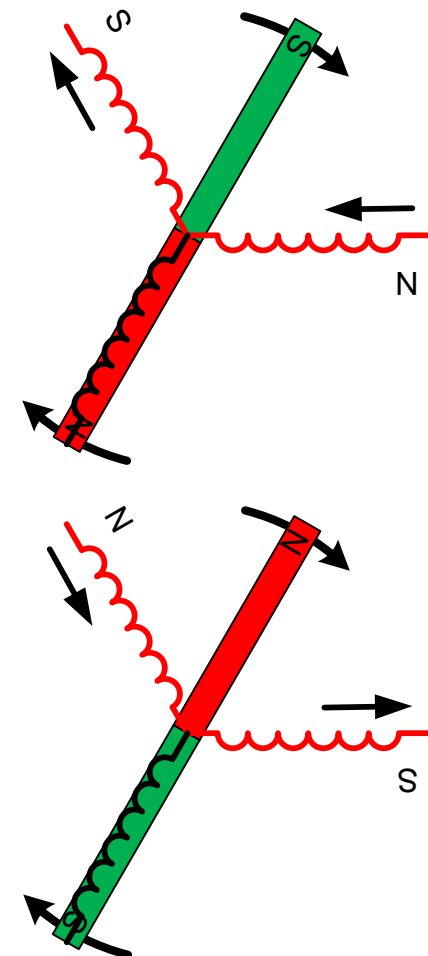
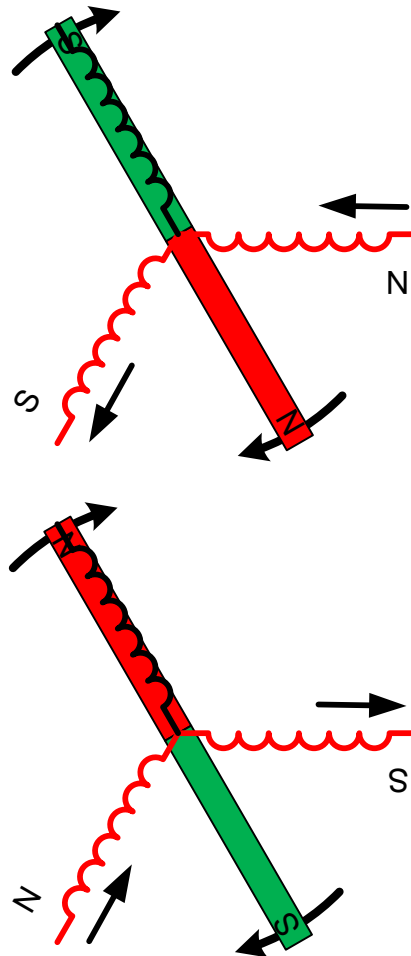
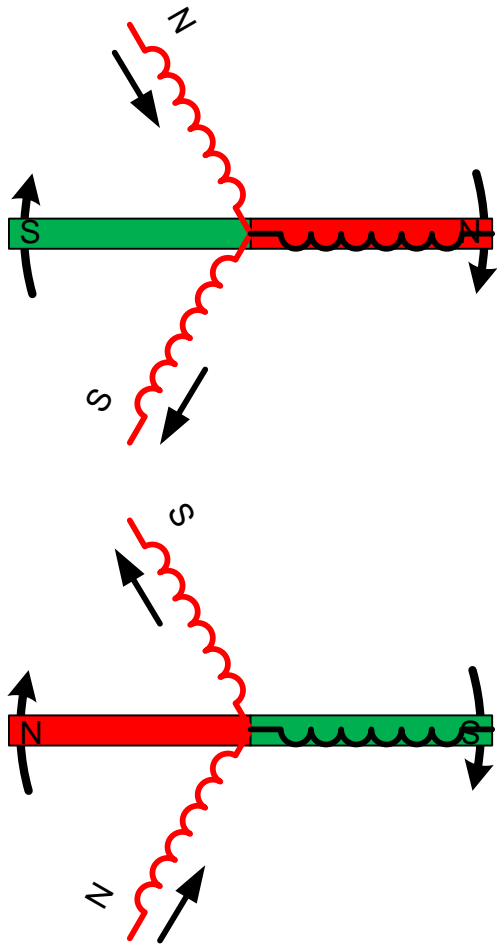
Anwendung PWM: Ansteuerung von Gleichstrommotoren



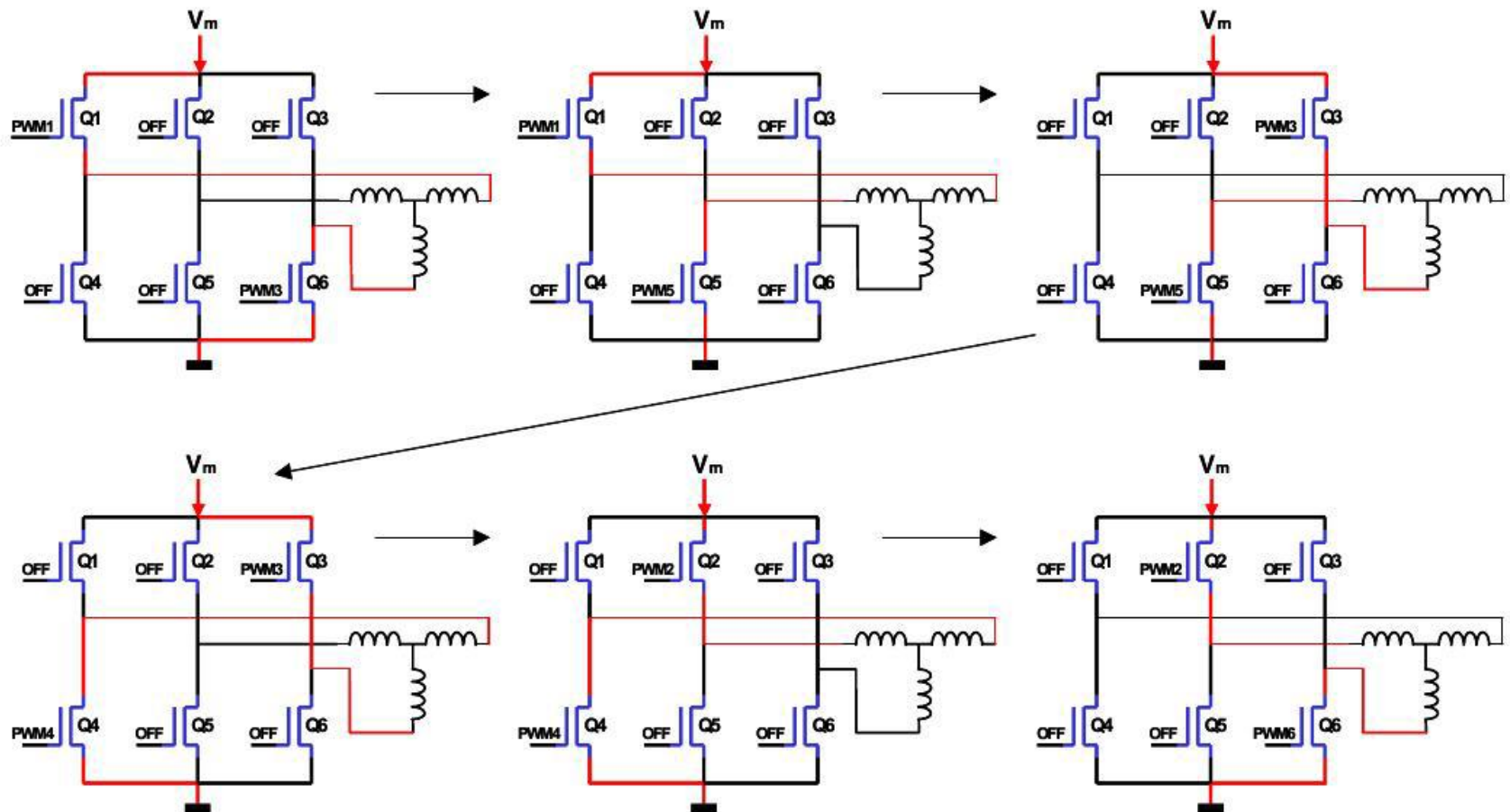
Anwendung PWM: Ansteuerung bürstenloser Motoren



Anwendung PWM: Ansteuerung bürstenloser Motoren



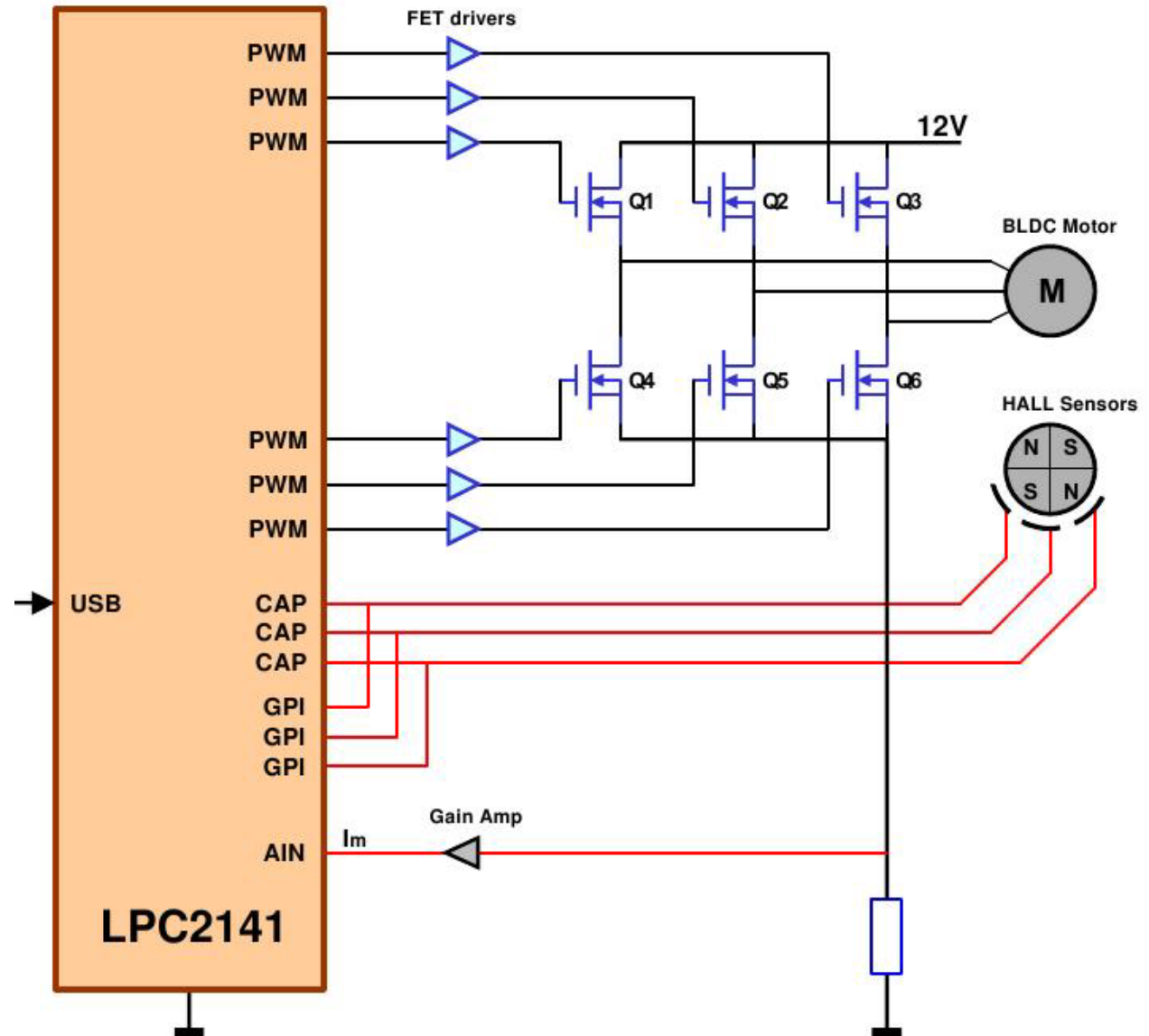
Anwendung PWM: Ansteuerung bürstenloser Motoren



Anwendung PWM: Ansteuerung bürstenloser Motoren



Anwendung PWM: Ansteuerung bürstenloser Motoren

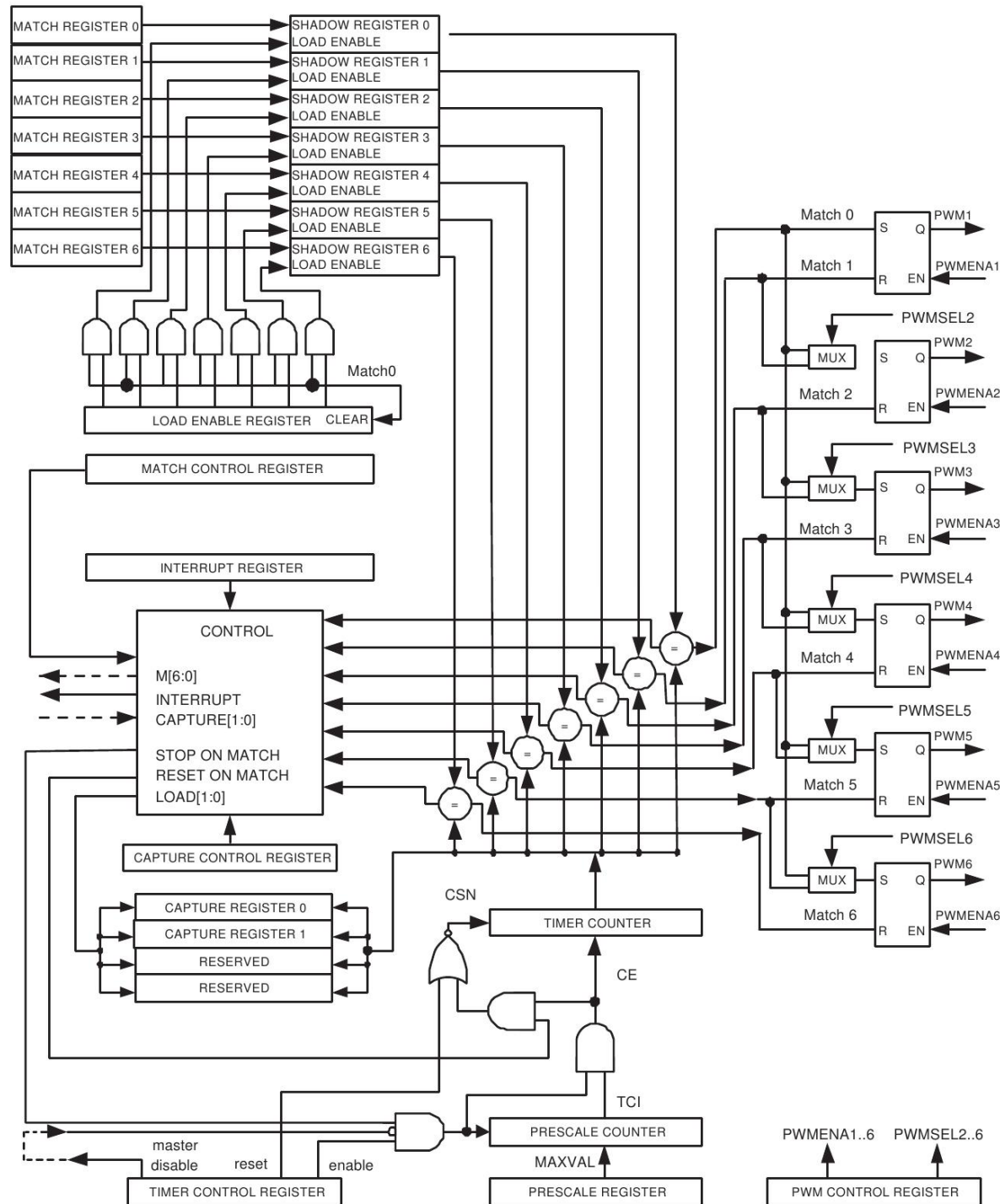


LPC2468 PWM: Eigenschaften

- ▶ 2 identische PWM-Komponenten
- ▶ Erweiterung der Timer/Counter-Komponenten
- ▶ Zwei Betriebsarten der Ausgänge:
 - ▶ Single edge controlled (bis zu 6 Ausgänge)
 - ▶ Double edge controlled (bis zu 3 Ausgänge)

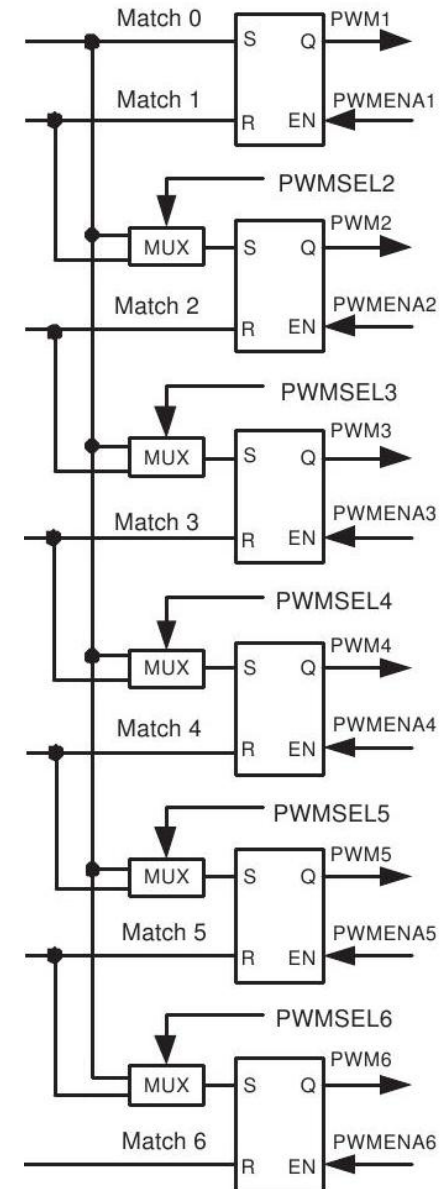
LPC2468 PWM: Erweiterung gegenüber Timer/Counter

- ▶ **Reset Timer/Counter** statt auf 0 auf 1.
- ▶ **Zusätzliche Steuerung** für PWM-Ausgänge.
- ▶ **7 Match Register.**
- ▶ **Jedes Match-Register** hat ein **Shadow-Register**.
- ▶ **Zusätzliches Register** zum Freigeben neuer Match-Werte.
- ▶ **Freigegebene Werte** werden erst mit nächstem **Match 0 – Ereignis** übernommen.



LPC2468 PWM: PWM-Ausgänge

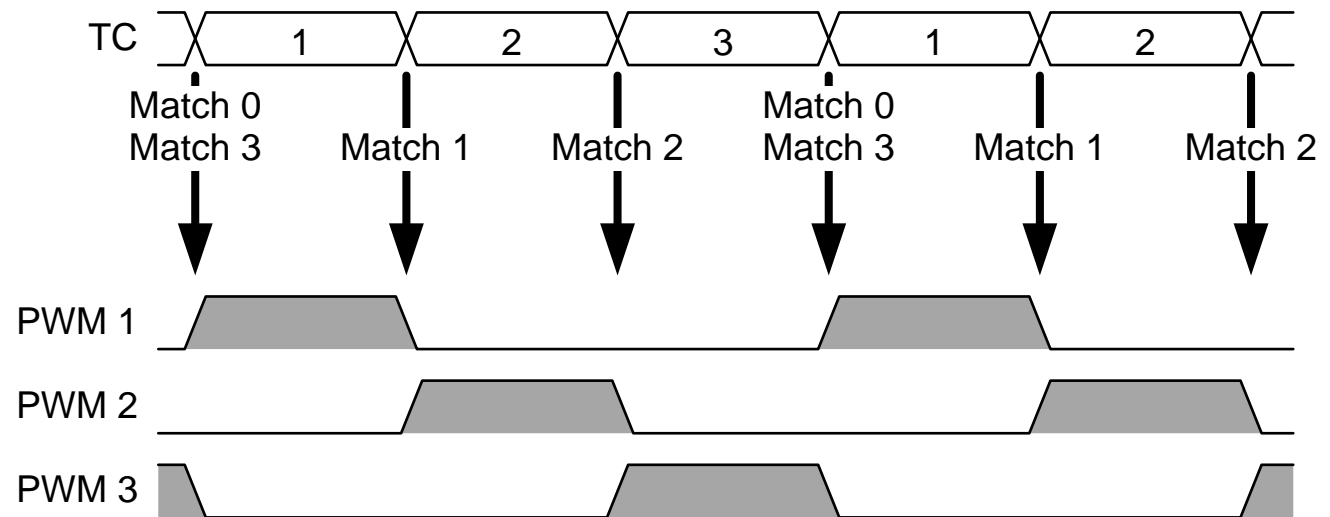
- ▶ Jeder Ausgang wird durch RS-Flipflop gesteuert
- ▶ **Single edge controlled:**
 - ▶ Ausgang x wird aktiviert durch **Match 0**
 - ▶ Ausgang x wird zurückgesetzt durch **Match x**
- ▶ **Double edge controlled:**
 - ▶ Ausgang x wird aktiviert durch **Match x-1**
 - ▶ Ausgang x wird zurückgesetzt durch **Match x**
- ▶ **Steuerbits:**
 - ▶ **PWMENAx:**
 - 0: Ausgang gesperrt
 - 1: Ausgang freigegeben
 - ▶ **PWMSELx:**
 - 0: Single edge controlled
 - 1: Double edge controlled





CE WS12

Beispiel: Lauflicht



```
PCONP      |= (1<<6);           // Enable PWM1
PCLKSEL0   |= (1<<12);          // Clock == CCLK (48 MHz)
PINSEL4    |= (1<<0) | (1<<2) | (1<<4); // P2.0 ist PWM1.1, P2.1 ist PWM1.2, P2.2 ist PWM1.3
PWM1_PR    = 48000000-1;        // Prescaler, PWM-Takt = 1 Hz
PWM1_MCR   = (1<<0) | (1<<1);    // Interrupt on PWMMR0, Reset on PWMMR0
PWM1_PCR   = (1<<2) | (1<<3) |    // PWM1.2 double edge, PWM1.3 double edge,
              (1<<9) | (1<<10) | (1<<11); // PWM1.1 PWM1.2 PWM1.3 enabled
PWM1_MR0   = 3;                 // PWM-Period
PWM1_MR1   = 1;                 // PWM-Match 1
PWM1_MR2   = 2;                 // PWM-Match 2
PWM1_MR3   = 3;                 // PWM-Match 3
PWM1_LER   = (1<<0) | (1<<1) |    // Latch Enable
              (1<<2) | (1<<3);
PWM1_TCR   = (1<<0) | (1<<3);    // Counter Enable, PWM Enable
```