

# Ergänzung zum Beitrag in FA 1/22, S. 32 f. „Eindeutigen Drehzahlmessung mittels Zweifarben-Stroboskop“

## ■ Berechnung der Abbilder der Stroboskopmarke

Wie in Bild 2 des Beitrags zu sehen ist, teilen die fünf grünen Hilfsblitze bei  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$  und  $\frac{4}{5}$  das Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rot-Blitzen. Das entspricht in Drehrichtung der Scheibe folgenden Winkeln, unter denen die jeweilige Marke angeblitzt wird:

- Rot: bei  $0^\circ$
- Grün: bei  $72^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $288^\circ$
- Rot: bei  $360^\circ \triangleq$  Beginn eines neuen Zyklus

Bei einer Relation (Drehzahl/Rot-Blitzfolgefrequenz) von  $k=1$  treten diese Winkel unverändert auf, wie Bild 12 des Beitrags für  $k=1$  zeigt. Ist die Rot-Folgefrequenz um einen ganzzahligen Faktor  $k$  geringer, so wird wie folgt vorgegangen:

- Die fünf Winkel für Grün mit  $k$  multiplizieren.
- Ist das Produkt größer  $360^\circ$ , dann so oft  $360^\circ$  subtrahieren, bis ein Winkel im Bereich von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$  übrig bleibt.
- Liegt das Ergebnis bei  $0^\circ$  bzw.  $360^\circ$ , so überlagern sich Rot-Blitz und Grün-Blitz zur Mischfarbe Gelb.

## ■ Beispielrechnung für $k=2$

$$\begin{aligned} 72^\circ \cdot 2 &= 144^\circ \\ 120^\circ \cdot 2 &= 240^\circ \\ 180^\circ \cdot 2 &= 360^\circ \triangleq 0^\circ \text{ (ergibt Gelb)} \\ 240^\circ \cdot 2 &= 480^\circ \triangleq 120^\circ \\ 288^\circ \cdot 2 &= 576^\circ \triangleq 216^\circ \end{aligned}$$

Statt der roten Abbildung der Marke erscheint diese gelb, sodass die Fehleinstellung der Frequenz erkannt wird.

Ferner treten vier grüne Begleiter bei  $120^\circ$ ,  $144^\circ$ ,  $216^\circ$  und  $240^\circ$  auf, wie in Bild 13 bei  $k=2$  zu sehen.

## ■ Beispielrechnung für $k=3$

$$\begin{aligned} 72^\circ \cdot 3 &= 216^\circ \\ 120^\circ \cdot 3 &= 360^\circ \triangleq 0^\circ \text{ (ergibt Gelb)} \\ 180^\circ \cdot 3 &= 540^\circ \triangleq 180^\circ \\ 240^\circ \cdot 3 &= 720^\circ \triangleq 0^\circ \text{ (ergibt Gelb)} \\ 288^\circ \cdot 3 &= 864^\circ \triangleq 144^\circ \end{aligned}$$

Die Marke wird also bei  $0^\circ$  gelb abgebildet, und es gibt drei grüne Begleiter bei  $144^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $216^\circ$ , wie in Bild 13 bei  $k=3$  zu sehen.

## ■ Beispielrechnung für $k=7$

$$\begin{aligned} 72^\circ \cdot 7 &= 504^\circ \triangleq 144^\circ \\ 120^\circ \cdot 7 &= 840^\circ \triangleq 120^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 180^\circ \cdot 7 &= 1260^\circ \triangleq 180^\circ \\ 240^\circ \cdot 7 &= 1680^\circ \triangleq 240^\circ \\ 288^\circ \cdot 7 &= 2016^\circ \triangleq 216^\circ \end{aligned}$$

Hier gibt es keine Mischung zu Gelb bei  $0^\circ$ , die Marke wird also bei  $0^\circ$  in Rot abgebildet, wie für  $k=1$ .

Die deutlich andere Anordnung der grünen Begleiter bei  $120^\circ$ ,  $144^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $216^\circ$  und  $240^\circ$  ermöglicht jedoch die klare Unterscheidung zu  $k=1$  und damit die Erkennung der falsch gewählten Rot-Folgefrequenz, wie in Bild 13 bei  $k=7$  zu sehen.

## ■ Beispielrechnung für $k=11$

$$\begin{aligned} 72^\circ \cdot 11 &= 792^\circ \triangleq 72^\circ \\ 120^\circ \cdot 11 &= 1320^\circ \triangleq 240^\circ \\ 180^\circ \cdot 11 &= 1980^\circ \triangleq 180^\circ \\ 240^\circ \cdot 11 &= 2640^\circ \triangleq 120^\circ \\ 288^\circ \cdot 11 &= 3168^\circ \triangleq 288^\circ \end{aligned}$$

Wieder erfolgt keine Mischung zu Gelb. Stattdessen wird die Marke bei  $0^\circ$  rot abgebildet. Die fünf grünen Begleiter tauchen an denselben Stellen wie bei  $k=1$  auf. Eine Unterscheidung ist nicht möglich. Die 11-fach zu hohe Drehzahl bzw. die fälschlich 11-fach zu gering eingestellte Rot-Folgefrequenz wird also nicht erkannt, vergleiche Bild 12 und Bild 13 bei  $k=11$ .

## ■ Beispielrechnung für $k=30$

$$\begin{aligned} 72^\circ \cdot 30 &= 2160^\circ \triangleq 0^\circ \\ 120^\circ \cdot 30 &= 3600^\circ \triangleq 0^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 180^\circ \cdot 30 &= 5400^\circ \triangleq 0^\circ \\ 240^\circ \cdot 30 &= 7200^\circ \triangleq 0^\circ \\ 288^\circ \cdot 30 &= 8640^\circ \triangleq 0^\circ \end{aligned}$$

Hier wirken die grünen Hilfsblitze G3, G2, G1, G2, G3 alle zusammen und ergeben eine Mischung zu Gelb an derselben Stelle, bei  $0^\circ$ . Man sieht nur eine einzige gelbe Marke ohne grüne Begleiter. Bei  $k=15$  gäbe es immerhin einen davon.

## ■ Allgemein

Die Wiederholung dieser einfachen Rechnung zeigt, dass eine Abbildung wie für  $k=7$  ebenfalls bei  $k=13, 17, 23, 37, 43, 47, 53, 67, 73, 77, 83, 97, 103, 107, 113, 127$  usw. auftritt.

Eine Täuschung, d.h. eine zu  $k=1$  identische Abbildung, findet man bei  $k=11, 19, 29, 31, 41, 49, 59, 61, 71, 79, 89, 101, 109, 121$  usw.

Die Betrachtung sehr hoher  $k$ -Werte ist freilich rein akademisch, denn in der Praxis werden solch extreme Fehleinstellungen der Stroboskopfrequenz wohl kaum vorkommen.

Die Rechengänge, besonders für hohe  $k$ -Werte, werden erleichtert, wenn die Winkelgrade des Vollkreises auf die dimensionslose Zahl 1 normiert werden. Statt der vielmaligen Subtraktion von  $360^\circ$  braucht man dann nur die Nachkommastellen betrachten.

[emmmf@posteo.de](mailto:emmmf@posteo.de)

### Stückliste Zeitgeber

Bauteil	Wert/Bezeichnung/Gehäuse	Artikel-Nr.*	Seite*
IC1...IC4	8-Bit-Schieberegister 74HC164, DIL-14	74HC164	153
C1, C2	1 $\mu$ F, 50 V, 20 %	Z5U-5 1,0 $\mu$	291
C3...C8	1 nF, 50 V, 5 %	NPO-2,5 1,0N	291
R1...R11	1 k $\Omega$ , 0,6 W, 1 %	METALL 1,00K	202
VD1...VD5	Schottky-Diode BAT46, DO-35	BAT46	163
VT1	N-Kanal-MOSFET BS170, TO-92	BS170	157

### Stückliste LED-Ansteuerung

Bauteil	Wert/Bezeichnung/Gehäuse	Artikel-Nr.*	Seite*
IC1	NOR-Gatter, 74HC02, DIL-14	74HC02	153
IC2	LDO-Spannungsregler, 5 V, LM2936Z5,0	LM2936Z5,0	140
VT1, VT2	BC337-25	BC337-25	155
VT3, VT4	N-Kanal-MOSFET IRLU024N, TO-251	IRLU024N	161
VD1...VD5	SMD-LED rot, 1 W	LED SMD 1W 60RT	71
	ELSW-F61R1-0PPNM-AR5R6		
VD6...VD10	SMD-LED grün, 1 W	LED SMD 1W 80GR	71
	ELSW-F81G1-0GPNM-CG1G2		
C1, C4	100 nF, 50 V, 10 %	X7R-2,5 100N	291
C2, C3	1 nF, 50 V, 5 %	NPO-2,5 1,0N	291
C7...C10	100 $\mu$ F/16 V, Low-ESR	RAD FC 100/16	249
R1, R2	3,3 k $\Omega$ , 0,6 W, 1 %	METALL 3,30K	203
R3, R4	470 $\Omega$ , 0,6 W, 1 %	METALL 470	202
R5, R6	100 k $\Omega$ , log., 0,12 W, 20 %	PO4M-LOG 100K	236
R7, R8	100 $\Omega$ , 0,6 W, 1 %	METALL 100	202
R9...R28	1 $\Omega$ , 0,6 W, 1 %	METALL 1,00	201

\* Katalog 6/2021, Reichelt Elektronik GmbH & Co. KG, Tel. (044 22) 95 53 33; [www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)