

# 1 Was ist der Frequenzteiler Definition

## 1.1 Definition

Bei Frequenzteiler handelt es sich um Schaltungen, die aus einem Signal mit gegebener Frequenz am Eingang ein gewünschtes Signal mit geringer Frequenz an den Ausgang weiterleiten. Der Eingangsfrequenz dividiert auf den Ausgangsfrequenz ergibt sich Teiler Verhältnis

$$V = \frac{F_E}{F_T}$$

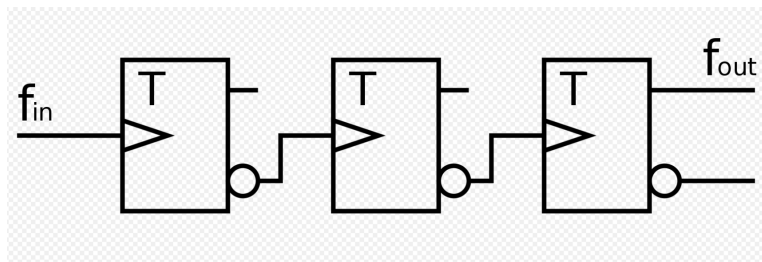


Abbildung 1: 8:1 aus 3 FlipFlops, die steigenden Flanken erfassen

## 2 Anwendung

Digital-elektronisch Frequenzteiler sind weit verbreitet. Sie befinden sich beispielsweise bei: QuarzUhren, Rechnern und der in Taktgeneratoren in den PLLs(Phasen Regel Schleife)

Bei Frequenzteiler muss man zwischen folgenden Typen unterscheiden

- AsynchronFrequenzteiler
- Synchronfrequenzteiler

Die Frequenzteiler arbeiten fast immer Asynchron und dadurch ergibt sich ein sehr einfacher Aufbau im Vergleich zur synchron Frequenzteiler. Es gibt aber Synchronfrequenzteiler obwohl sie komplexer in der Aufbau ist, diese Art vom Frequenzteiler genauer.

Die Aufgabe von Frequenzteiler ist die Verringerung einer bestimmten Eingangsfrequenz auf gewünschten Ausgangsfrequenz, d.h. durch Hintereinanderschalten von beliebige vielen FFs lässt sich eine Vorhandende Frequenz beliebig oft halbieren. So wird Z.B. die Quarzstabile Uhrenfrequenz von 32768 Hz durch 15 Flipflops  $:2^{15} = 32768\text{Hz}$  auf die Sekundenanzeige heruntergeteilt.

Frequenzteiler bestehen aus einer beliebigen Anzahl vom hintereinandergeschaltete Flipflops, die man durch entsprechende Rücksetzbedingungen beeinflussen kann, sodass man nicht mehr an eine direkt Frequenzhalbierer durch einzelne FFs gebunden ist.

Ein einzelnes Flipflops erzeugt eine Frequenzteilung im Verhalten 2:1 mit zwei FFs kann ein Frequenzteiler für Verhältnis 4:1  $2^2 = 4$  aufgebaut werden.

Die meisten Frequenzteiler haben ein festes ganzzahliges Teilverhältnis. Es gibt Asynchron und Synchrone Frequenzteiler. Sie unterscheiden sich, wie die Dualzähler in linearer zustandsgesteuert und taktgesteuerten Verarbeitung.

Grundsätzlich eignet sich jeder Asynchron Dualzähler und jeder Synchrone Dualzähler als Asynchron bzw. Synchrone Frequenzteiler. Dann gibt es noch einstellbare Frequenzteiler, die über zusätzliche Eingänge verfügen. Über die Eingänge wird das Teilverhältnis bestimmt. Man nennt sie Programmierbare Frequenzteiler.

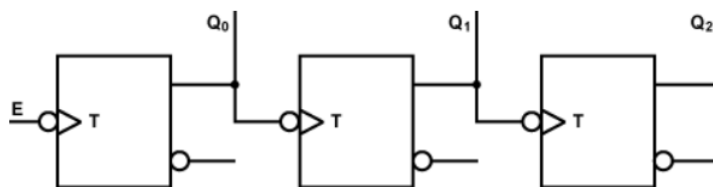


Abbildung 2:

$$2^3 = 8$$

Die Schaltung mit dazugehörigen Zeitablaufdiagramm zeigt einen Asynchron 3-Bit-Dual-Vorwärtszähler mit einem Teilverhältnis von 8:1. Das Eingangssignal(E) wird durch das erste Flipflop durch zwei geteilt( $Q_0$ ). Das zweite Flipflop teilt das Signal wiederum durch zwei( $Q_1$ ), wodurch ein Teilverhältnis 4:1 entsteht. Das dritte Flipflop teilt das Signal nochmals

durch zwei( $Q_2$ ). Es entsteht ein Teilverhältnis von 8:1. Die PÜperiode das Eingangssignal passt 8 mal in das Ausgangssignal  $Q_2$ ,

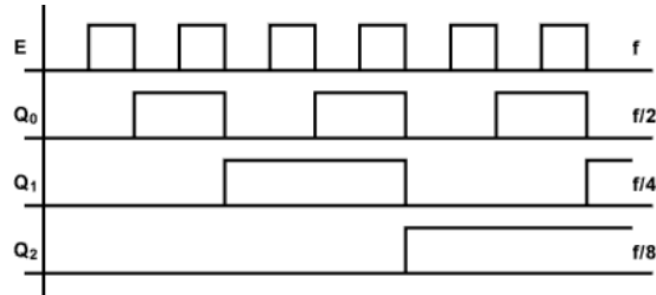


Abbildung 3:

Zur Berechnung des Teilverhältnisses: Mit dieser Formel werden Teilverhältnisse nach der Zweipotenzreihe berechnet (2, 4, 8, 16, ...). Will man ein ungerades Teilverhältnis, dann müssen die Rücksetzeingänge der Flipflop beschaltet

$$F_t = \frac{F_E}{2^n}$$

$f_e$  = Eingangsfrequenz

$f_t$  = geteilte Frequenz

bzw.  $n$  : Anzahl der Flipflops

## 2.1 Synchrone Frequenzteiler

Alle Synchrone getakteten Dualzähler lassen sich als Frequenzteiler mit festem  $2^n$ -Teilverhältnis nutzen. Mit geeigneten zuschaltungen und durch zum Teil getrennte Ansteuerungen der J-K-Eingänge einzelner Speicher Flipflops sind auch andere Teilverhältnisse entlang der Zählerstufen nicht addieren. Die Synchron Dual- und BCD-Teiler erklären sich aus den Zeitablaufdiagrammen der entsprechenden Zählerschaltungen. Das folgende Bild zeigt 3:1 Sychronteiler, links mit JK-MS-FF und rechts mit D-FF aufgebaut. Das Zeitablaufdiagramm des mit D-FF aufgebauten Sychronteilers wäre identisch, aber um einen halben Eingangstakt nach rechts verschoben.

Zu Beginn sind die Q-nicht Pegel des SN 74107N High. Der Master des ersten Flipflops wird mit positiver Taktflanke gesetzt und bei fallender Flanke wechselt der  $Q_0$  Pegel auf High. Der zweite Takt setzt  $Q_1$  des zweiten Flipflops auf High und  $Q_1$ -nicht, das Eingangssignal des ersten Flipflops auf

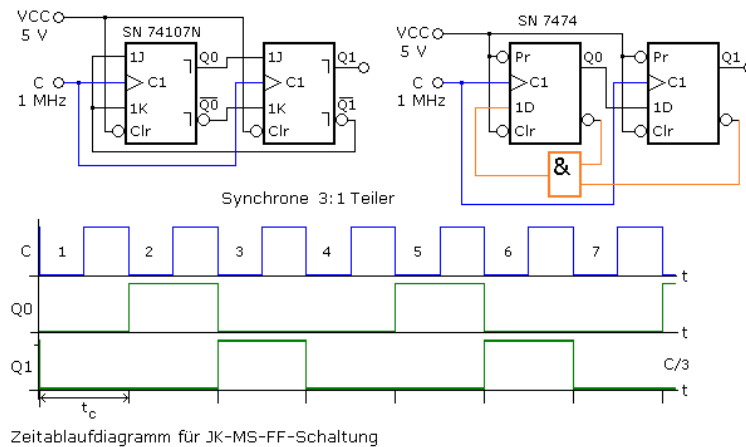


Abbildung 4: Zeitablaufdiagramm für JK-MS-Schaltung

Low. Am Ende des dritten Takts wird somit auch das zweite Flipflop zurück gesetzt und ein neuer Zyklus beginnt.

Der mit D-FF aufgebaute Synchronsteiler wird mit positiver Taktflanke gesteuert. In der Annahme, dass zu Beginn beide Q-nicht Ausgänge High Pegel haben, wird vom UND Gatter bestimmt das erste Flipflop gesetzt. An  $Q_1$  und damit am Eingang des zweiten Flipflops liegt High Pegel, während  $Q_1$ -nicht mit Low Pegel das UND Gatter sperrt. Der zweite Takt setzt mit steigender Flanke  $Q_2$  auf High und  $Q_1$  auf Low. Mit dem dritten Takt wird  $Q_2$  auf Low und  $Q_2$ -nicht auf High gesetzt. Zu Beginn des vierten Takts ist das UND Gatter gesetzt und das erste Flipflop kann erneut kippen. Für den  $Q_1$ -Ausgang beginnt nach dem dritten Takt ein neuer Zyklus. Um einen Takt verschoben ist dieser Zyklus dann auch am  $Q_2$ -Ausgang vorhanden.

### 3 Einfache dynamische Frequenzteiler

Dynamische Schaltungstechnik wird meistens mit Mos Technologien realisiert

Die Signale speichernden Knoten sind als Kapazität gegen das Masspotential ausgebildet und dort abgespeicherte Informationen muss innerhalb einer bestimmten Zeitspanne ausgewertet und regeneriert werden.

Diese Schaltungen sind für Hochfrequenz Bereich direkt einsetzbar. Wobei der erforderliche Große Signal Eingangspegel störend wirkt.

Bei höherer Frequenz "auf dem Chip Signale" ist oftmals mit erheblichen Mehr Verlustleistung verbunden als die eigentliche Frequenzteiler Schaltungen als DC Verlustleistung benötigt. Eine der gebräuchlichsten Dynamische DFF Schaltung in diesem Bild.

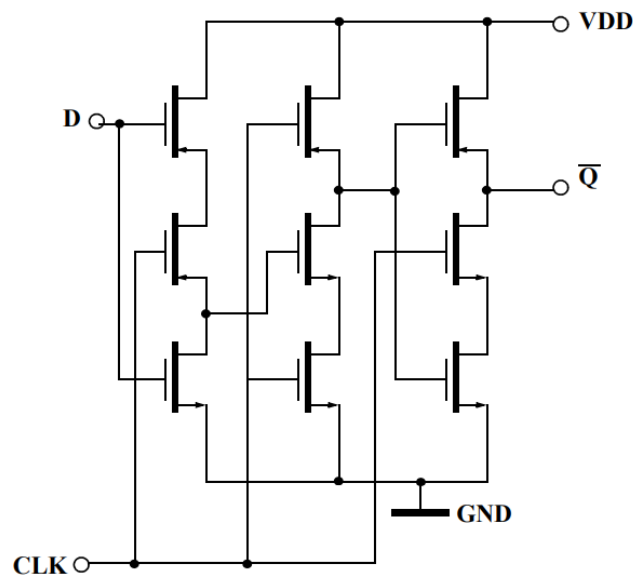


Abbildung 5: DFF dynamische Frequenzteiler

Dynamische Frequenzteiler sind störfällig gegen Betriebstemperaturschwankungen.

## 4 Standard Flipflop Frequenzteiler

Werden CMOS Gatter als Frequenzteiler verwendet, so ist der Arbeitspunktstrom bei sehr kleinen Frequenzen nahezu vernachlässigbar, denn es fließen in wesentlichen nur die Sperrdunkelstrom der entsprechenden Transistoren in den eingestellten Nichtgleichgewichtszustand.

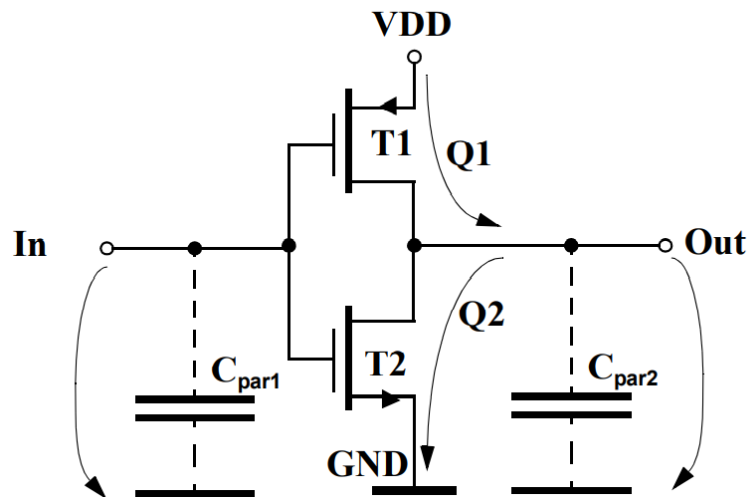


Abbildung 6: Standard CMOS Inverter

Für diesen Frequenzteiler ist der Bereich des Frequenzs bis in den Bereich von einigen hundert MHz eingeschränkt. Der Grund dafür: da die Standard CMOS Gatter den vollen logischen Pegel hub benötigt. Diese Frequenzgrenze wird durch immer kürzere Kanallängen heraufgeschoben (z.B. 180 nm 1 GHz... 1.5 GHz, vgl.

Schätzungen Bild 2 Analog zu den dynamischen Schaltungstechniken vergrößert sich erforderliche Verlustleistung.

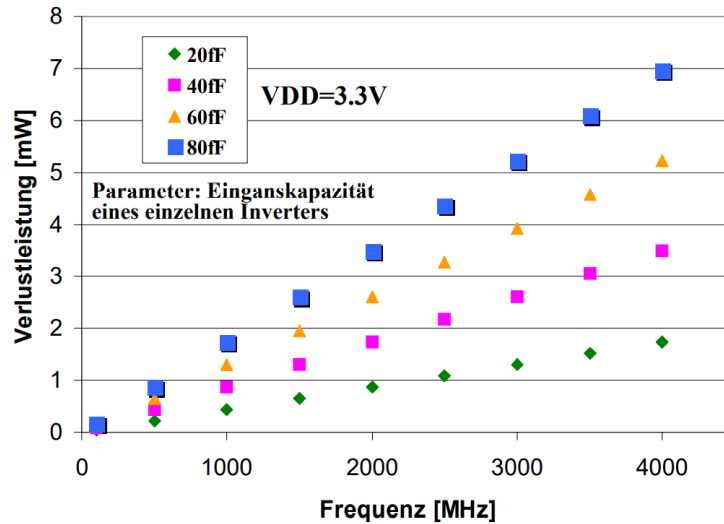


Abbildung 7: Verlustleistung eines einzelnen CMOS Inverters als Funktion der Frequenz

## 5 GML Frequenzteiler

Frequenzteiler in diesem GML (eng Current Mode logic, Deutsch Logik konstantem Strom) sind für höhere Frequenzen vor allem im Bereich der Bipolaren Schaltungen dominierend.

Diese Art von Schaltungen sind auch für CMOS anwendbar und liefert sehr stabil arbeitende Schaltungen

Die Eingangsempfindlichkeit kann sehr groß werden und durch die symmetrische Schaltungsanlegung sind diese Frequenzteiler relativ unempfindlich gegen eingekoppelte Störungen generieren diese Schaltungen zudem erheblich weniger Substratrauschen als Standard CMOS Logikgatter.

Das ist ein wesentliches Kriterium für den Einsatz in integrierten Transceivern Chips mit einem Dynamik Bereich von  $< 80 \text{ dB}$ .

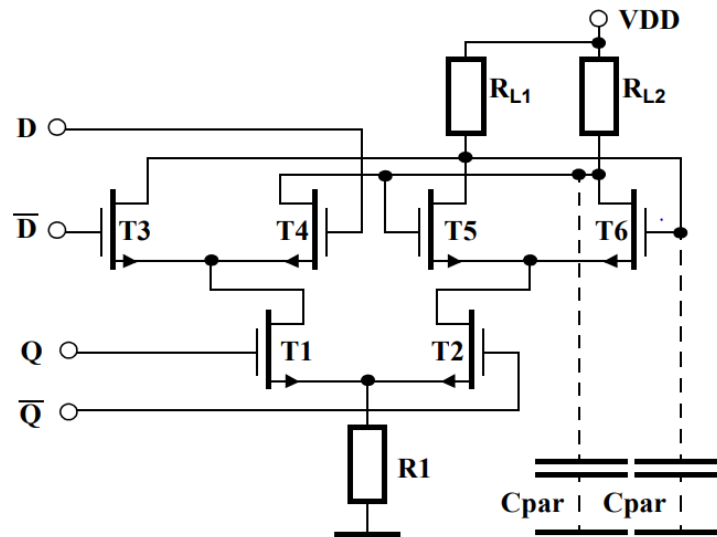


Abbildung 8: GML Frequenzteiler

## 6 Programmierbarer frequenzteiler

Er ist ein einstellbarer Frequenzteiler, die über zusätzliche Eingänge verfügen.

Über die Eingänge wird das Teilverhältniss bestimmt

Er enthält einen Impuls Zähler, der sich aus Kaskade geschalteten TFFS zusammengesetzt. Der Impulszähler wird zunächst auf ein gewünschtes Teilverhältniss voreingeschaltet. Wenn der Impulszähler auf null heruntergezählt hat, wird er erneut auf das Teiler Verhältnis voreingestellt.