

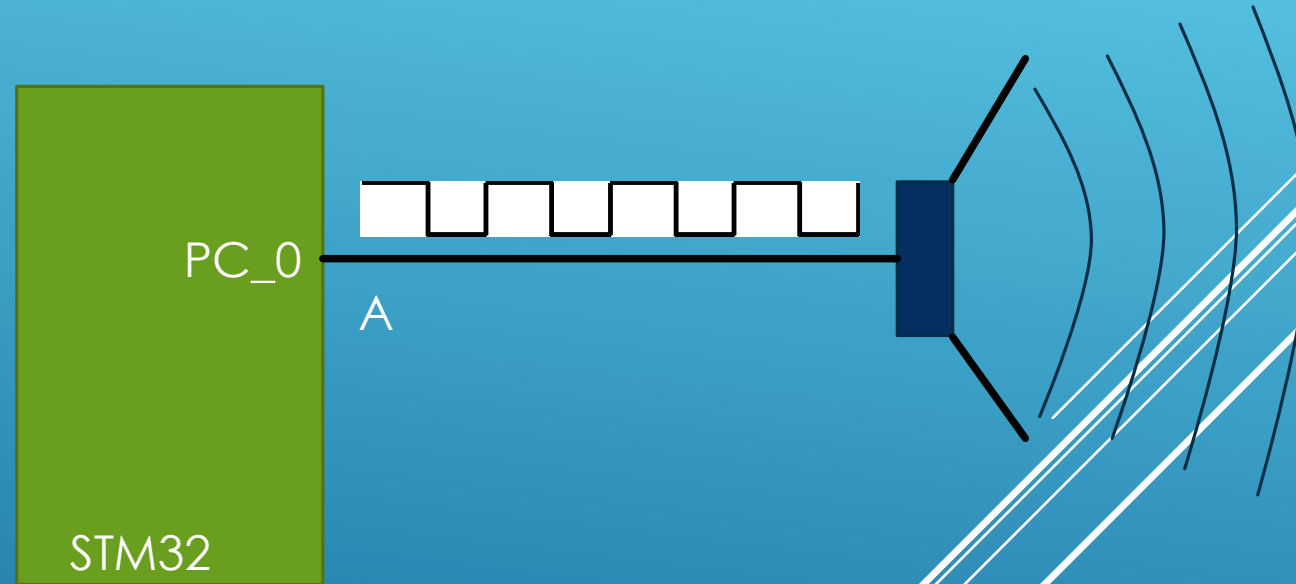
TÖNE ERZEUGEN

Kammerton A 440Hz



TÖNE ERZEUGEN

Prinzip:



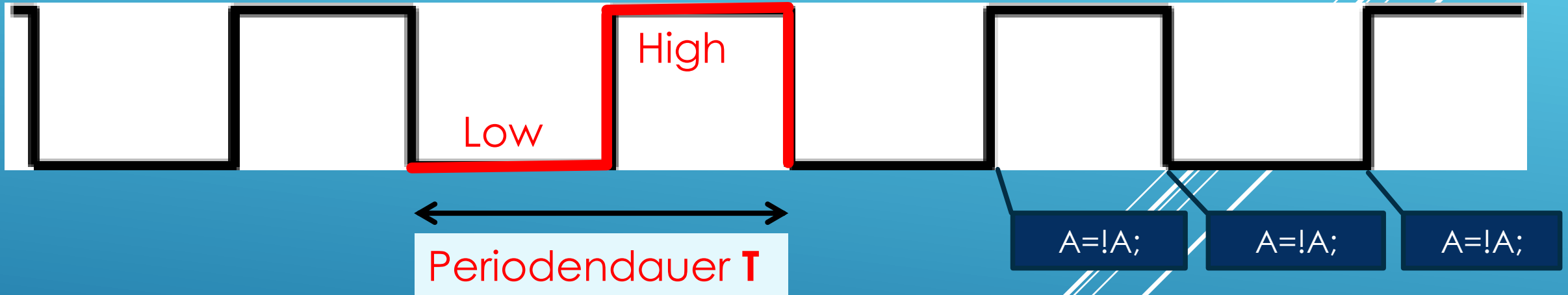
Der Mikrocontroller erzeugt rechteckförmige Spannung an PC_0. Diese wird im Lautsprecher in Schall umgesetzt.



TÖNE ERZEUGEN

Im Mikrocontroller:

Periode



Als Periode bezeichnet man eine Low- und eine High-Phase

Die Rechteckspannung an Ausgang A (PC_0) wird erzeugt, indem A zyklisch komplementiert wird:
1 -> 0 -> 1 -> 0 -> ...



TÖNE ERZEUGEN

Im Mikrocontroller:

1 Sekunde

440 Perioden = Frequenz 440Hz

Die Anzahl der Perioden pro Sekunde bezeichnet man als Frequenz f in Hz (Hertz)

1000 Hz = 1kHz (Kilohertz)

1000000 Hz = 1 MHz (Megahertz)

Der Oszillator im Mikrocontroller hat 32 MHz = 32000000 Hz = 32000000 Perioden pro Sekunde



TÖNE ERZEUGEN

Im Mikrocontroller:

1 Sekunde



440 Perioden = Frequenz 440Hz

Dreisatz:

440 Perioden \equiv 1s

1 Periode \equiv 1s / 440 = 0,00227272s

Formel:

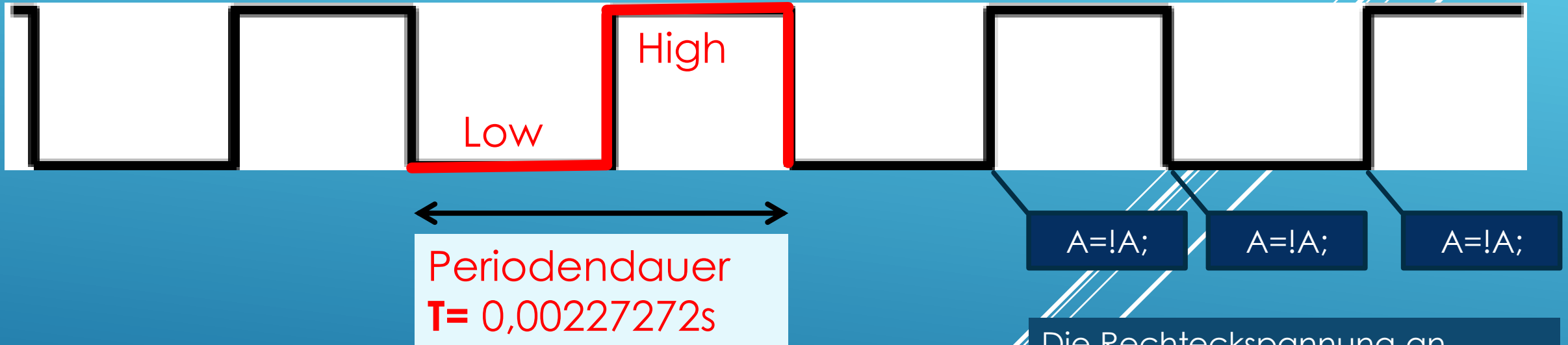
Periodendauer $T = 1/f$



TÖNE ERZEUGEN

Im Mikrocontroller:

Periode



Kurze Zeiten werden oft in ms (Millisekunden)
oder μs (Mikrosekunden) angegeben
 $0,00227272s = 2,27272 ms = 2272,72 \mu s$

$1 s = 1000ms = 1000000\mu s$

`A=!A;`

`A=!A;`

`A=!A;`

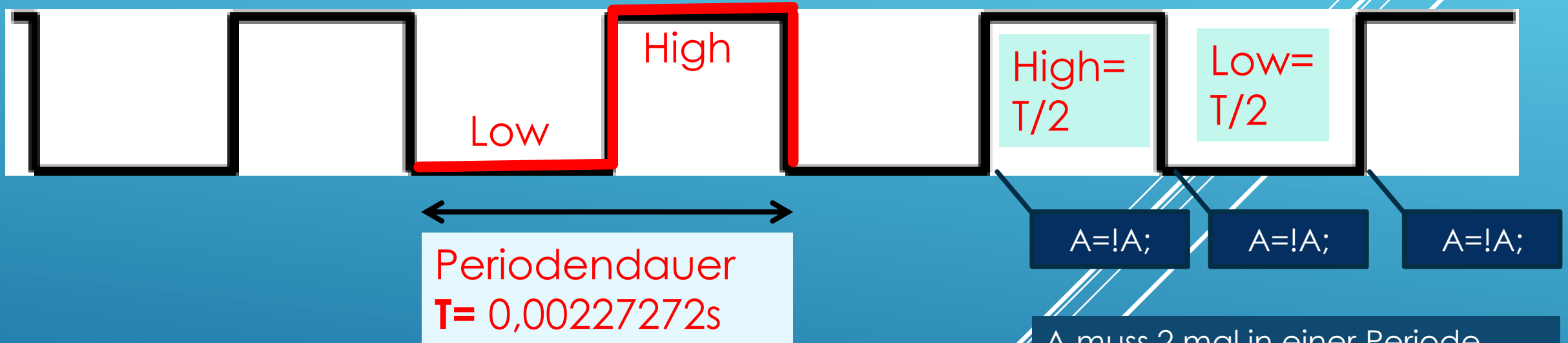
Die Rechteckspannung an Ausgang A (PC_0) wird erzeugt, indem A zyklisch komplementiert wird:
 $1 \rightarrow 0 \rightarrow 1 \rightarrow 0 \rightarrow \dots$



TÖNE ERZEUGEN

Im Mikrocontroller:

Periode



Kurze Zeiten werden oft in ms (Millisekunden)
oder μs (Mikrosekunden) angegeben
 $0,00227272s = 2,27272 ms = 2272,72 \mu s$
 $1 s = 1000ms = 1000000\mu s$

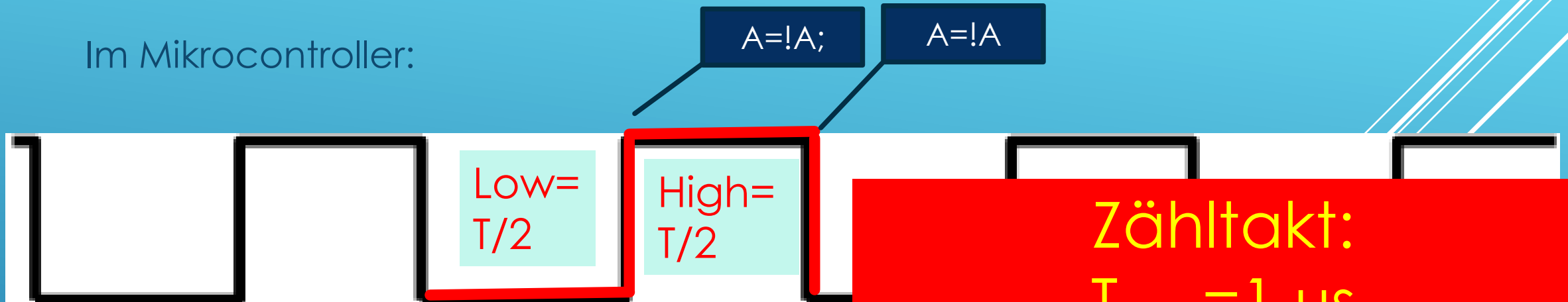
A muss 2 mal in einer Periode
umgeschaltet (komplementiert)
werden.

$$T/2 = 0,001136s = 1,136ms = 1136 \mu s$$



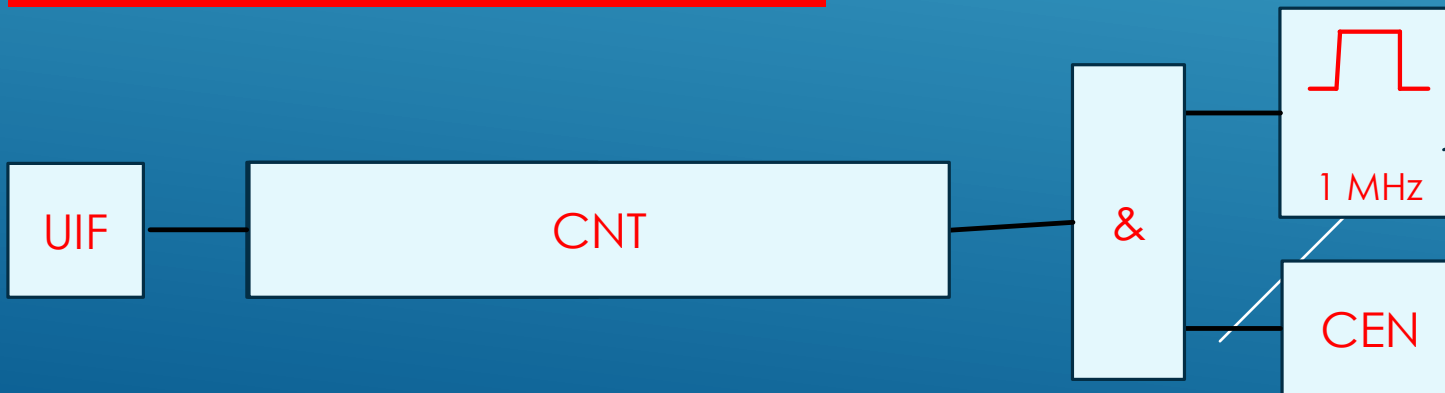
TÖNE ERZEUGEN

Im Mikrocontroller:



$$T/2 = 0,001136s = 1,136ms \\ = 1136 \mu s$$

Zähltakt:
 $T_{CNT} = 1 \mu s$
Mit TIM6 $\rightarrow PSC = 31$

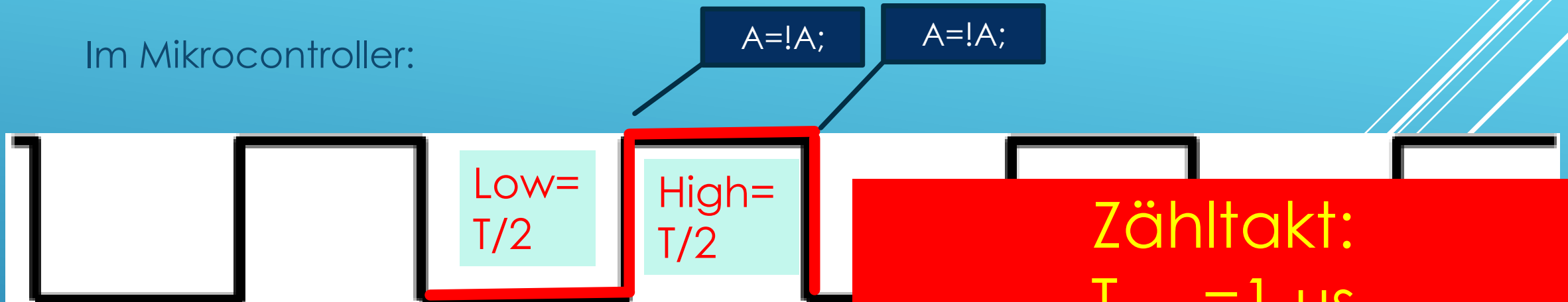


$$\text{Zählerfrequenz:} \\ 32\text{MHz} / (PSC+1) = 1\text{MHz}$$



TÖNE ERZEUGEN

Im Mikrocontroller:



Zähltakt:
 $T_{CNT}=1\ \mu s$

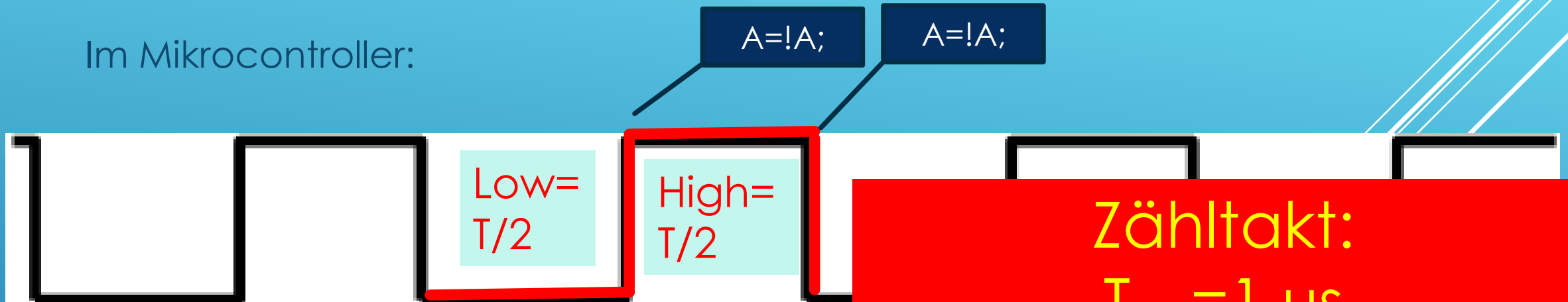
$$T/2 = 0,001136s = 1,136ms \\ = 1136\ \mu s$$

Wie kann der Timer
eine Zeit von $1136\mu s$
erzeugen?



TÖNE ERZEUGEN

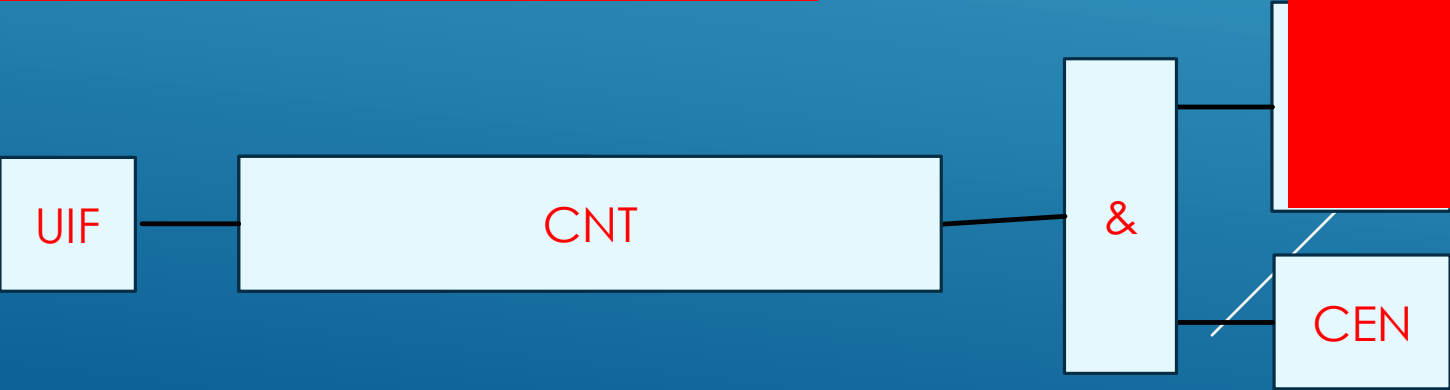
Im Mikrocontroller:



Zähltakt:
 $T_{MZ} = 1 \mu s$

$$T/2 = 0,001136s = 1,136ms$$
$$= 1136 \mu s$$

In $1136 \mu s$ passen
1136 Takte



TÖNE ERZEUGEN

- Zusammenfassung:
- Alle **1136 Takte** muss Port A (PC_0) komplementiert werden, damit die richtige Frequenz erzeugt wird.
- Das Timerregister CNT bildet einen 16 Bit Aufwärtzähler.
- Der Zähler benötigt für einen 16Bit Durchlauf 2^{16} Takte = **65536 Takte**.
- **Das ist viel zu lange!!!!**



Die Periodendauer ist zu lang
und muss verkürzt werden!!!

TÖNE ERZEUGEN

65535

0

$A = !A;$

$A = !A;$

$A = !A;$

$65536 \text{ Takte} = 65536 * 1 \mu\text{s} =$
 $65536 \mu\text{s} = 65,536 \text{ ms}$

$65536 \text{ Takte} = 65536 * 1 \mu\text{s} =$
 $65536 \mu\text{s} = 65,536 \text{ ms}$

Periodendauer $T = 131072 \mu\text{s} = 131,072 \text{ ms}$ $f = 1/T = 7,629 \text{ Hz}$



Die Periodendauer ist zu lang
und muss verkürzt werden!!!

TÖNE ERZEUGEN

65535

0

A=!A

Idee: Wenn der
Zähler nicht bei 65535
endet, dann ist die
Zeit schneller um

65535
65536 μs

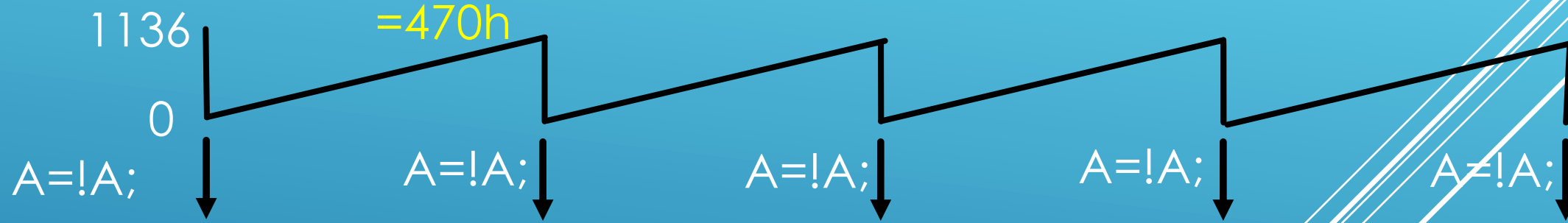
$\times 1 \mu\text{s} =$
 $\text{s} = 0,006 \text{ ms}$

Periodendauer $T = 131072 \mu\text{s} = 131,072 \text{ ms}$ $f = 1/T = 7,629 \text{ Hz}$



TÖNE ERZEUGEN

65535



Autoreload-Register ARR mit 1135
laden verkürzt den Zeitraum



Periodendauer $T = 2272 \mu\text{s} = 2,272\text{ms}$ $f = 1/T = 440\text{Hz}$



TÖNE ERZEUGEN

- Zusammenfassung:
- Alle **1136 Takte** muss Port PC0 komplementiert werden, damit die richtige Frequenz erzeugt wird.
- Das Timerregister CNT bildet einen 16 Bit Aufwärtzähler.
- Der Zähler benötigt für einen 16Bit Durchlauf 2^{16} Takte = **65536 Takte**
- Das ist viel zu lange!!!!
- Deshalb verkürzen wir die Zeit, indem wir das Autoreload-Register ARR von TIM6 mit dem Wert 1135 laden



TÖNE ERZEUGEN

- Rechenbeispiel:
- Gewünschtes Intervall zwischen 2 Überläufen = 25ms
- 25ms sind bei Zählerperiode=1 μ s: $25000\mu\text{s} / 1\mu\text{s} = 25000$
- Autoreloadwert: ARR= 24999
- TIM6->ARR=24999;
- TIM6->PSC=31;



TÖNE ERZEUGEN

```
void initTimer(void)
{
    RCC->APB1ENR=0b10000; //Aktivieren der Taktversorgung des Timers
    TIM6->PSC=31;          //Zeitbasis = 1µs
    TIM6->ARR=1135;         //Wartezeit = 1136µs
    TIM6->CNT=0;            //startet bei 0
    TIM6->SR=0;             //Bit0: UIF=0
    TIM6->CR1=1;            //Bit0: CEN=1 gestartet
}
```



TÖNE ERZEUGEN

```
int main()
{
    DigitalOut A(PC_0);    //Digitalausgang A := PC_0
    initTimer();           //Timer initialisieren
    while (true) {         //Endlosschleife
        if (TIM6->SR!=0)   //Bit 0 im Statusregister SR: UIF = 1
        {
            TIM6->SR=0;    //Bit 0 im Statusregister SR: UIF:=0 setzen
            A=!A;          //Ausgang A (PC_0) komplementieren
        }
    }
}
```

