

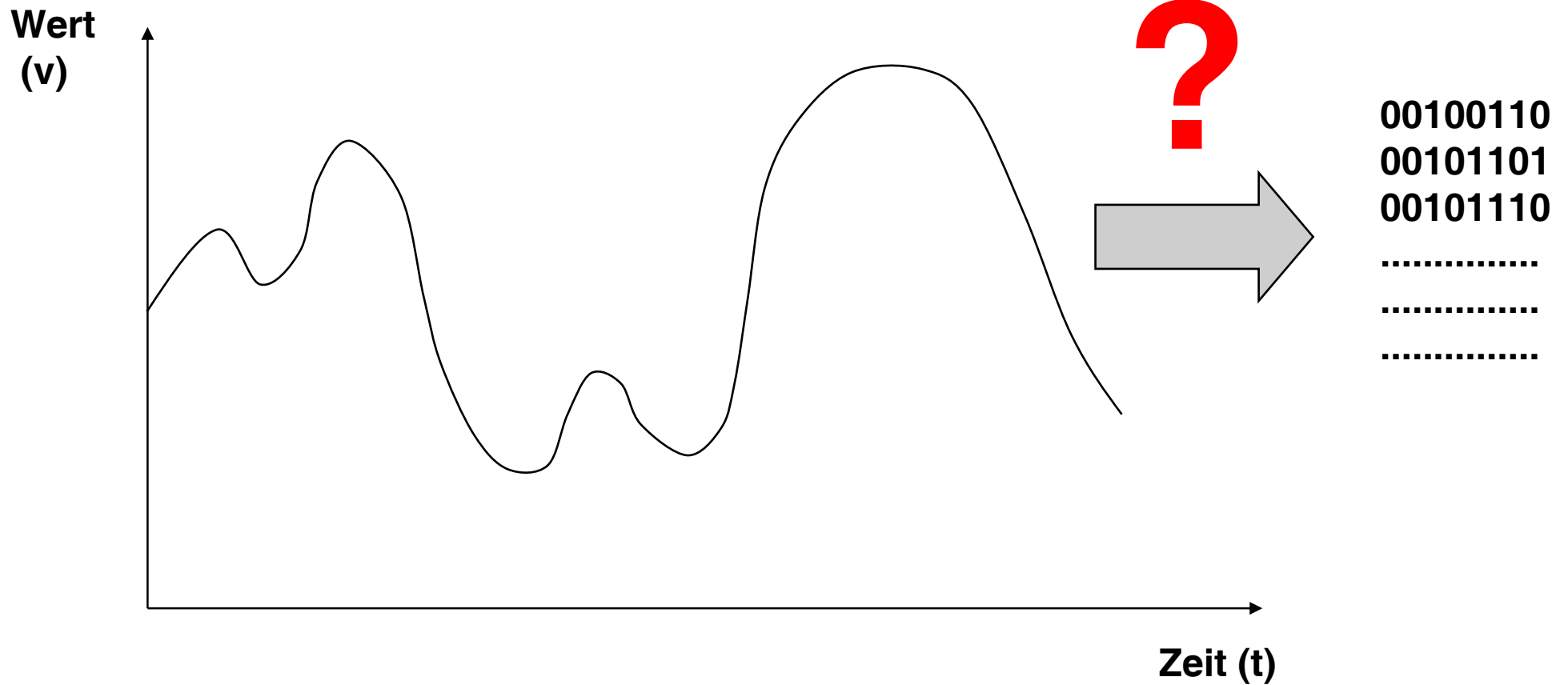
---

# Die analoge Schnittstelle



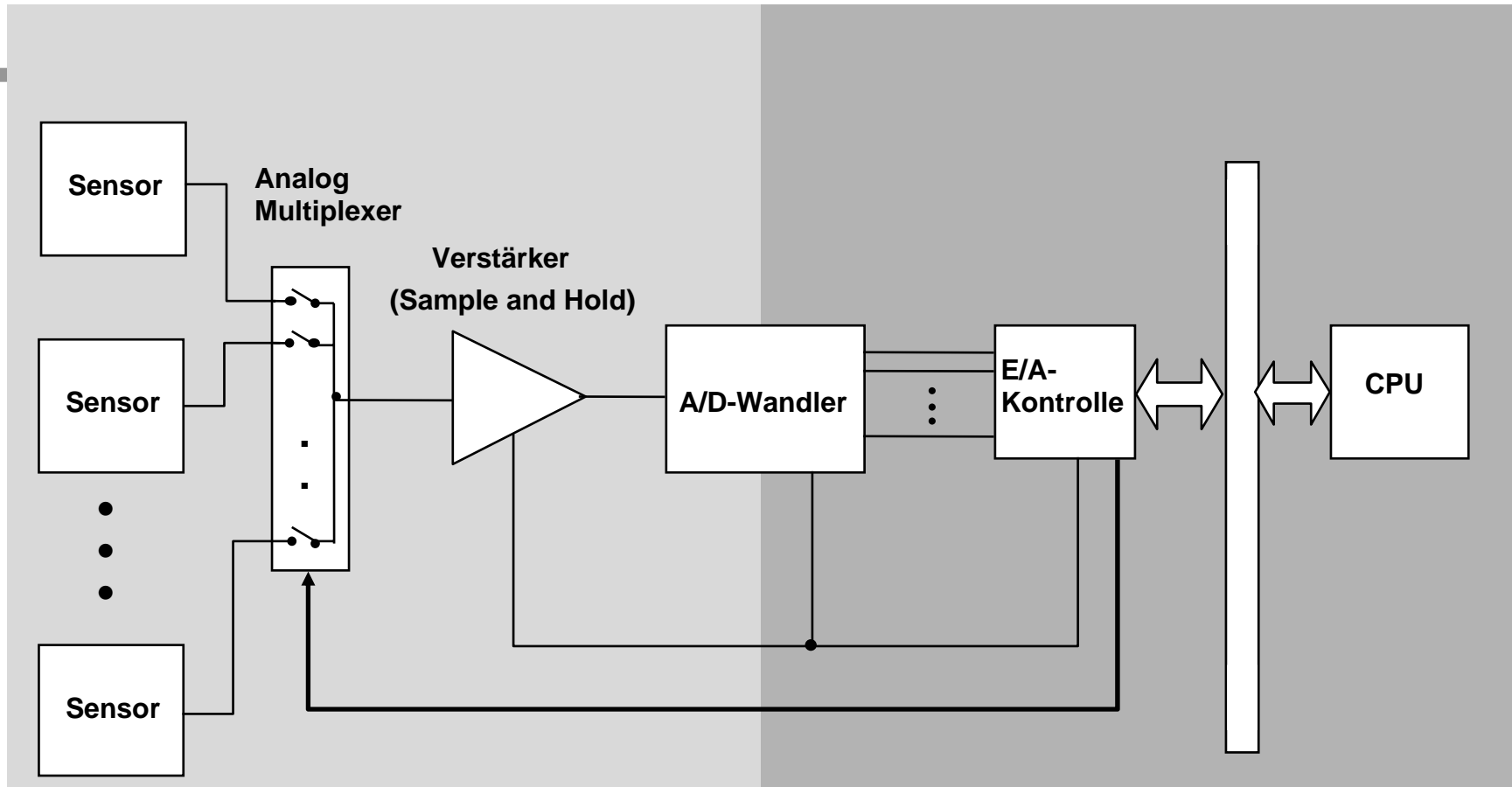
# Aufgabe: Abtasten und Wandeln eines analogen Signals in eine digitale, binäre Repräsentation

---



## ANALOG

## DIGITAL

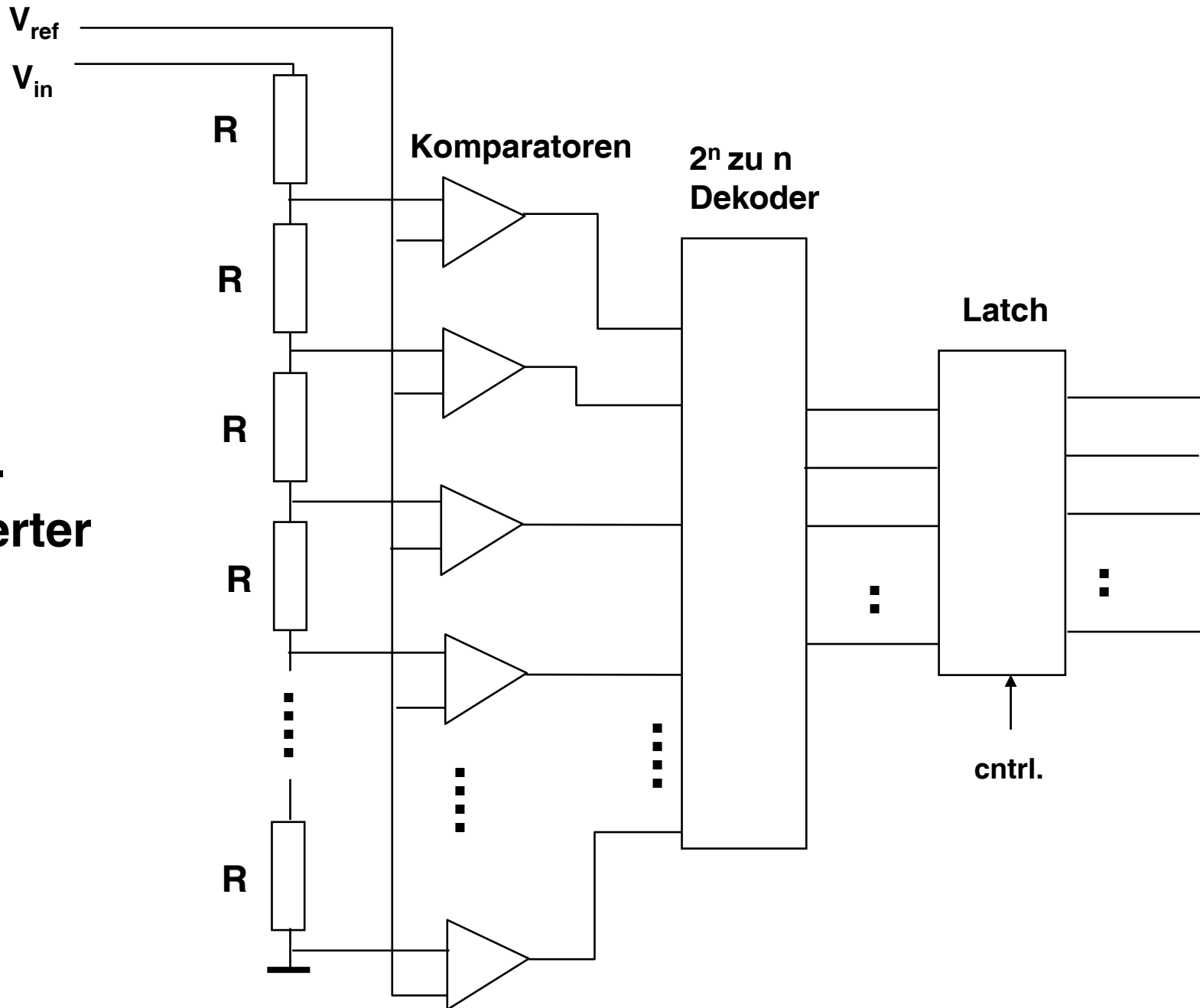


### Kenngrößen:

- **Auflösung (Resolution)**
- **Störabstand (Signal-to Noise-Ratio)**
- **Dynamikumfang (Dynamic Range)**

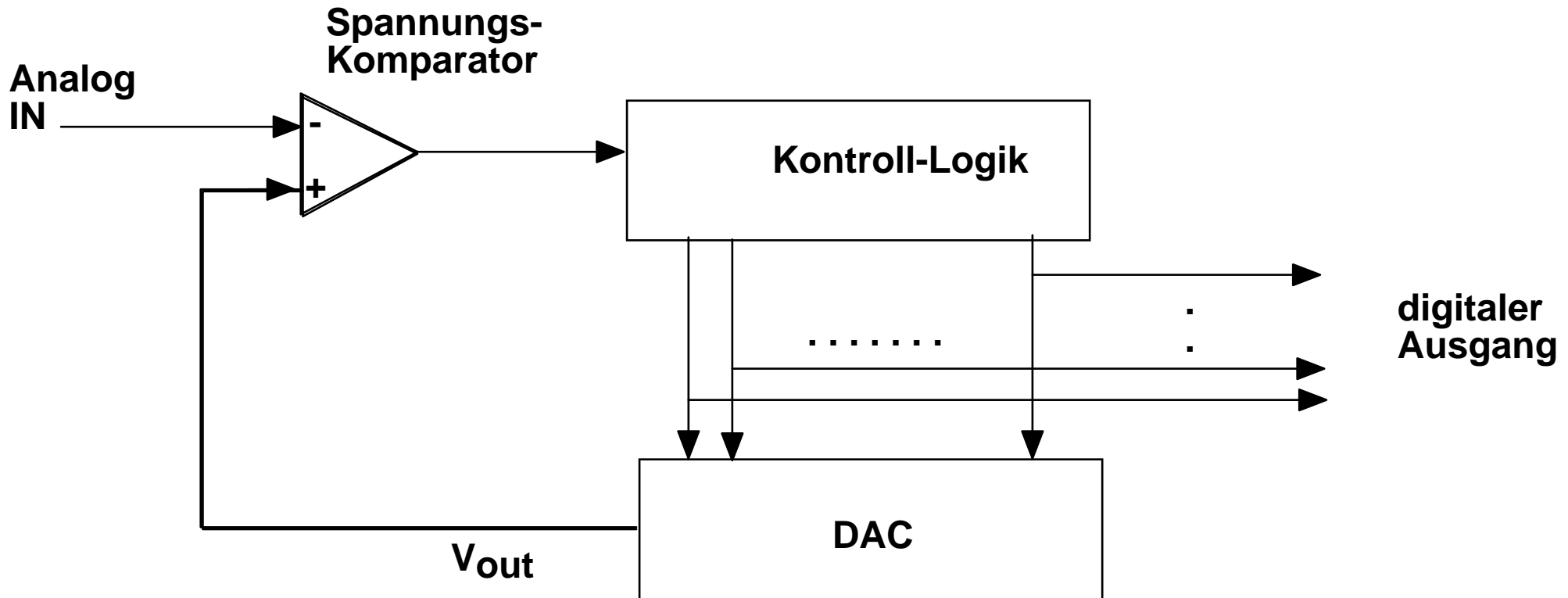


# Flash-Konverter

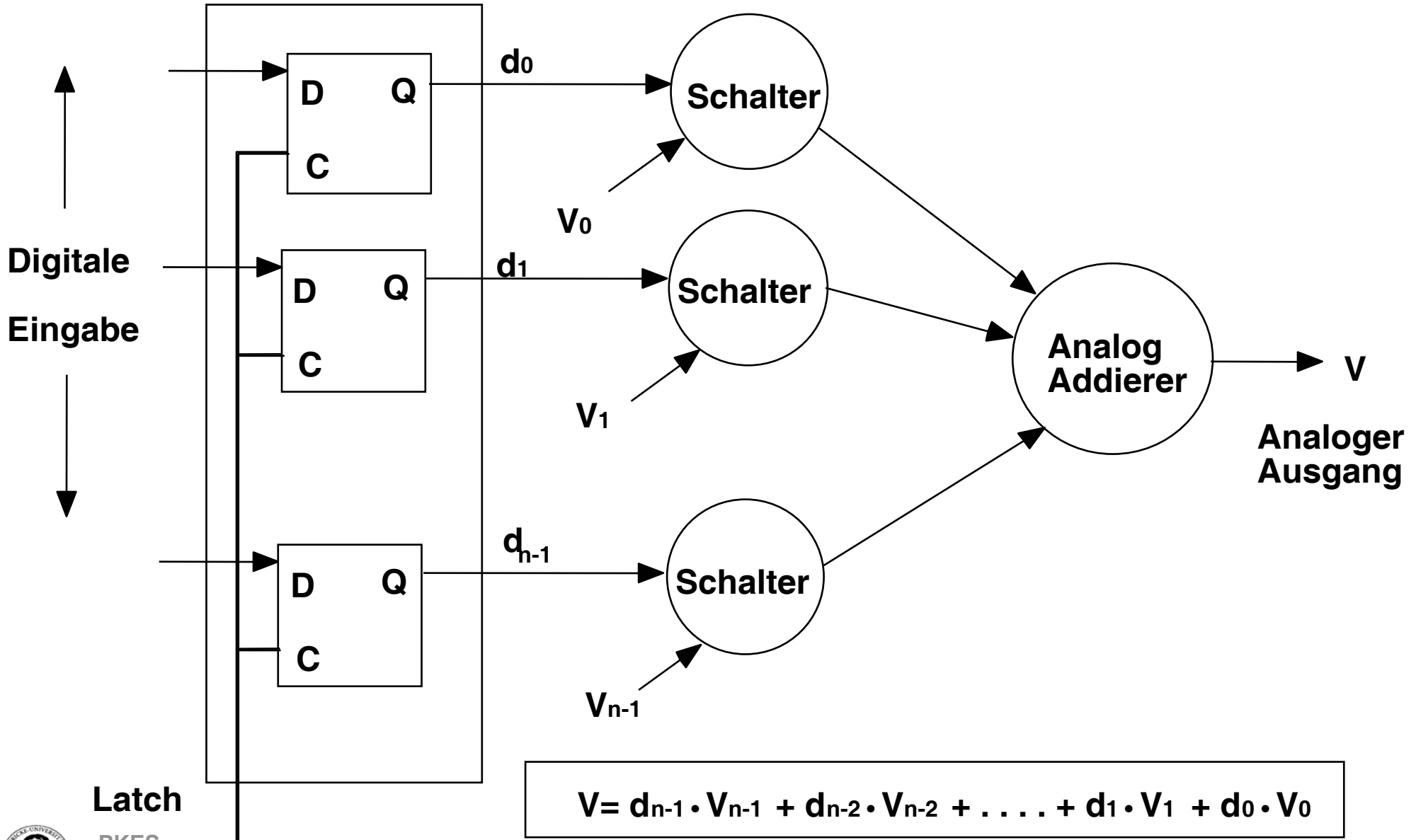


# Prinzip eines Analog/Digital-Wandlers

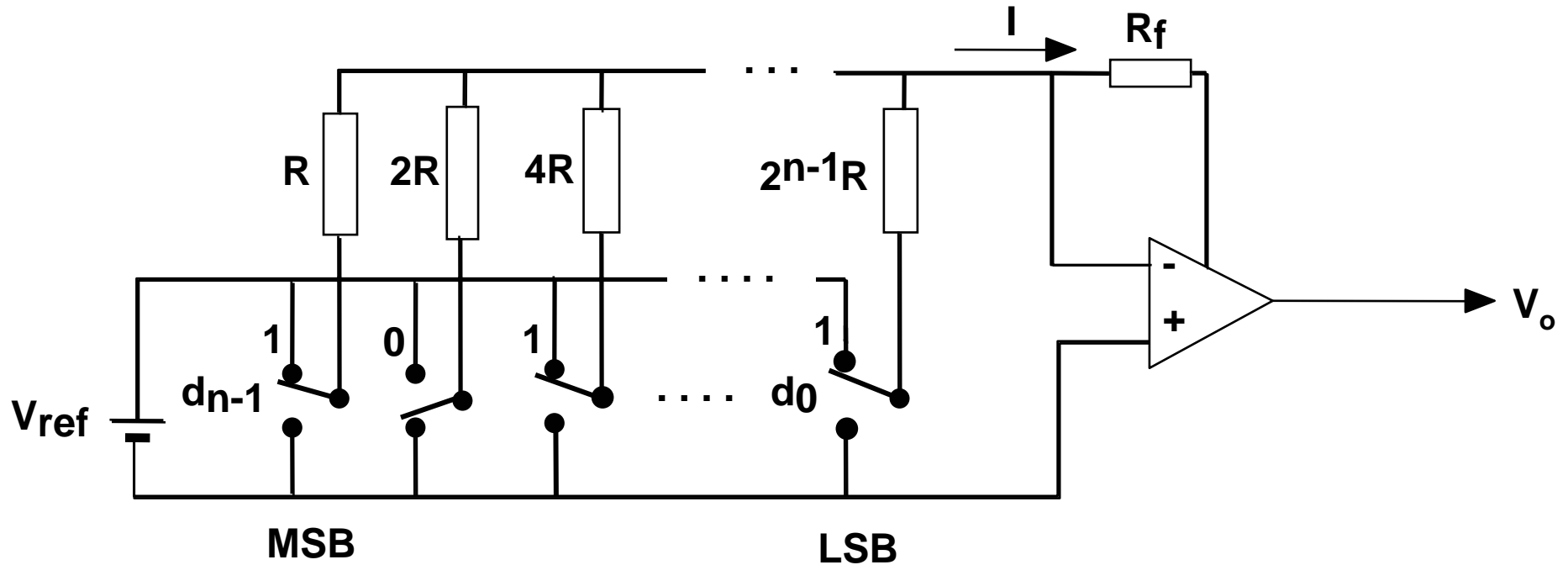
---



# Prinzip des Digital/Analog-Wandlers



# Prinzip des Digital/Analog-Wandlers

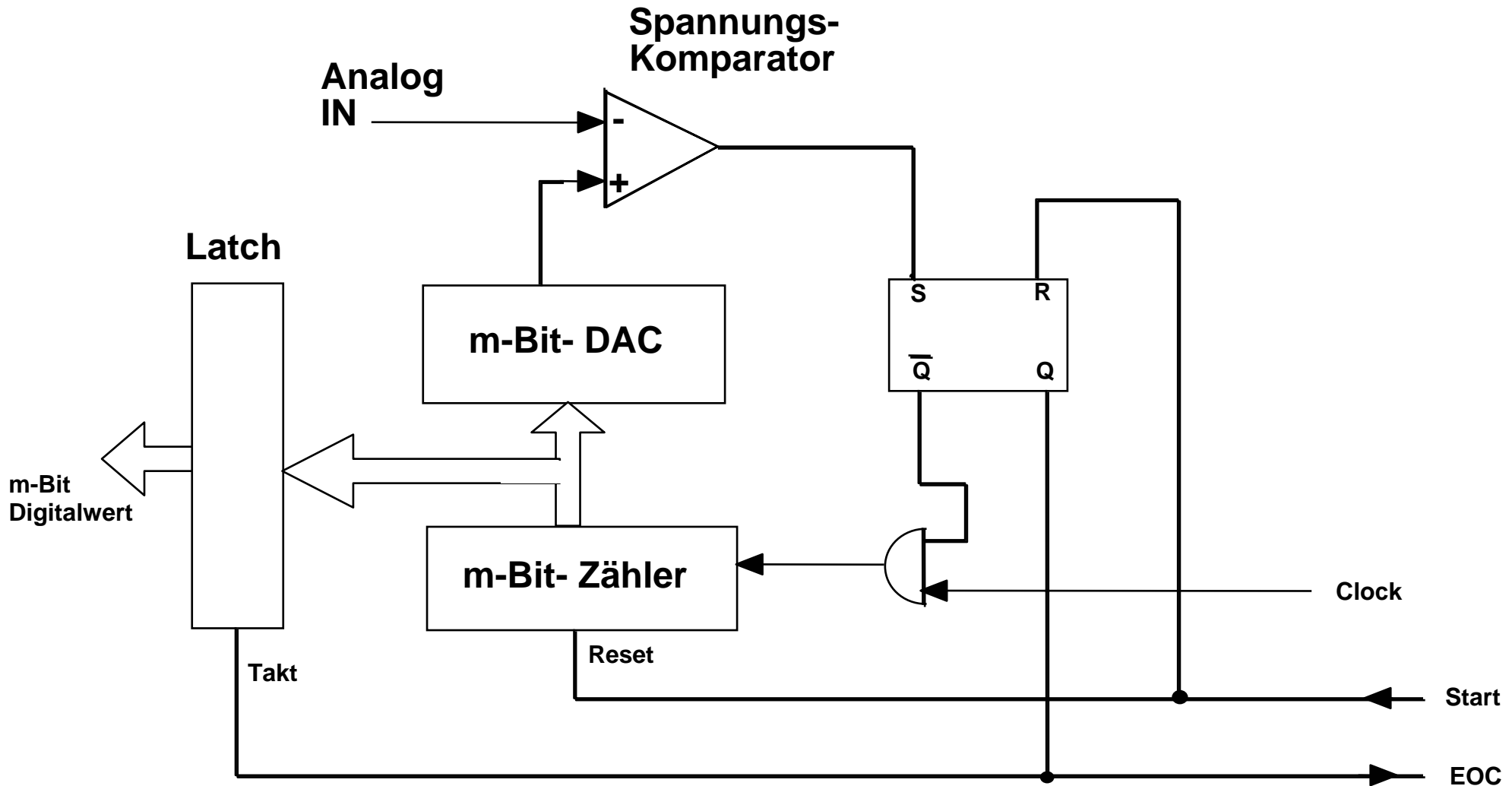


Strom durch einen Widerstand  $2^i R$ :  $I = U/R = V_{ref} / (2^i R)$  für  $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$

$$V_o \sim \frac{V_{ref}}{R \cdot [d_{n-1} \cdot 2^{-1} + d_{n-2} \cdot 2^{-2} + d_{n-3} \cdot 2^{-3} \cdot \dots + d_0 \cdot 2^{-n}]}$$

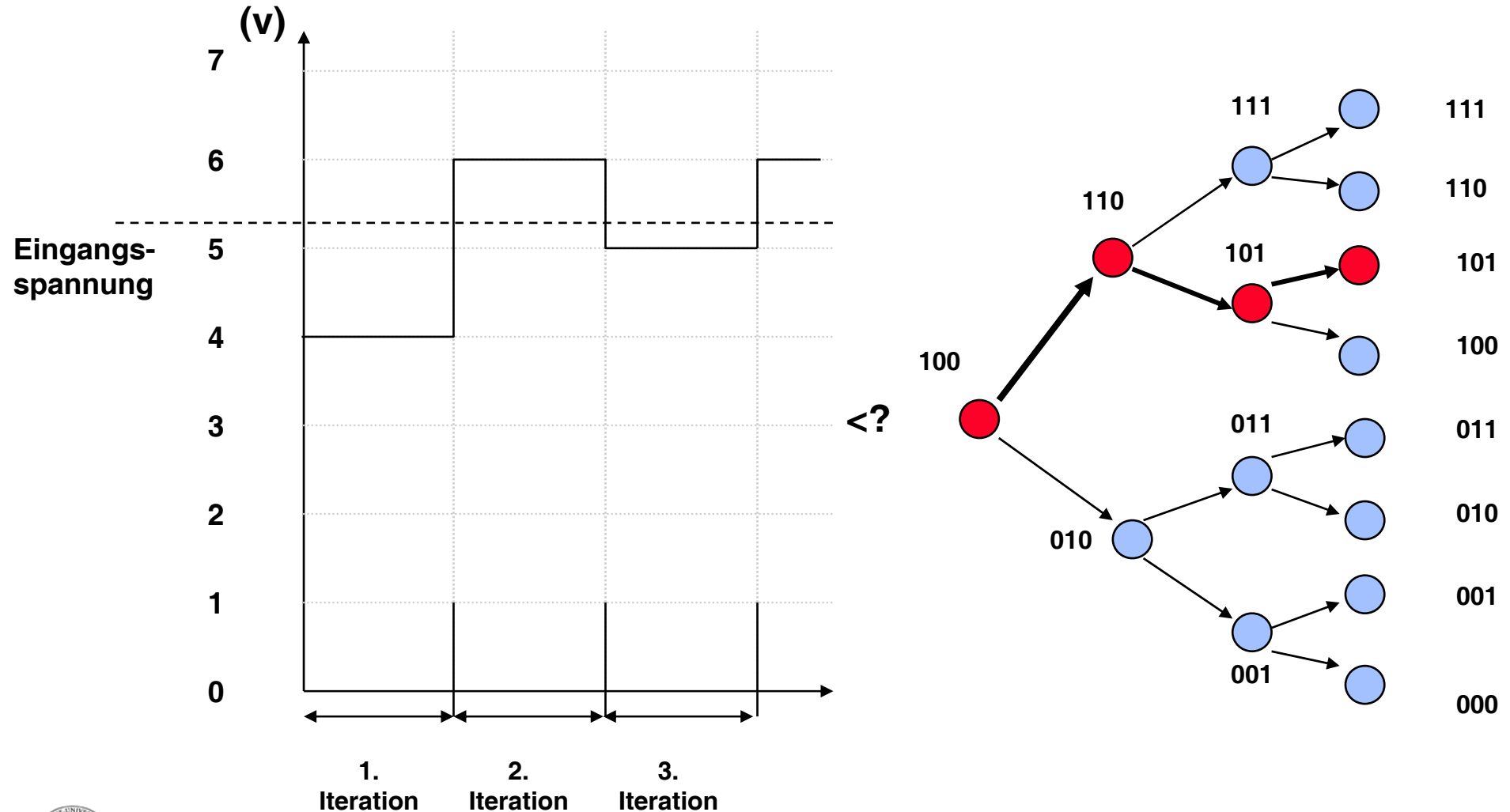
Bei einem 10-Bit DAC muß das Verhältnis zwischen dem größten und dem kleinsten Widerstand 1024 : 1 sein.

# Prinzip des Zähler-Analog/Digital-Wandlers

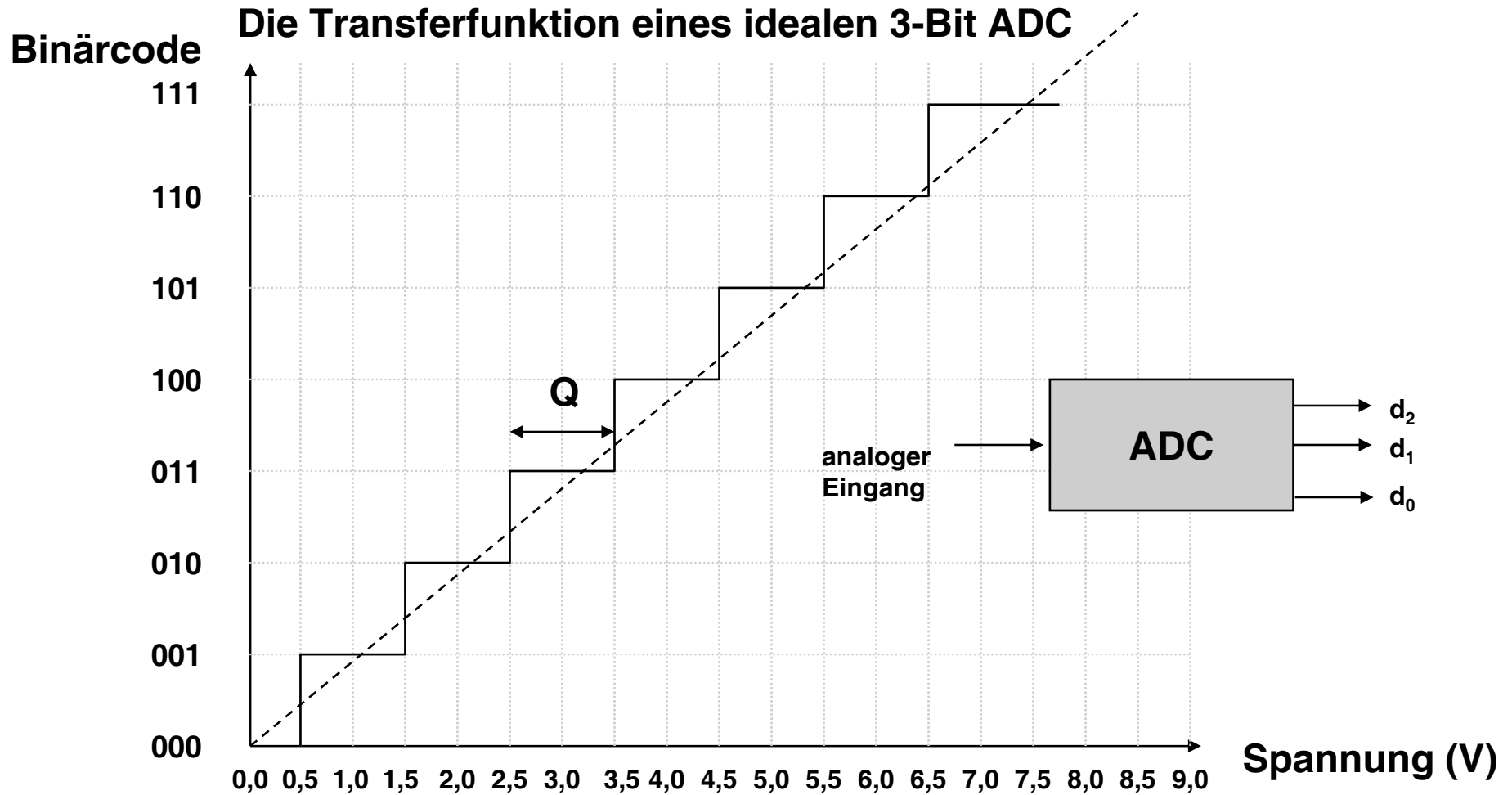




# Binäres Wägeverfahren (Successive Approximation)

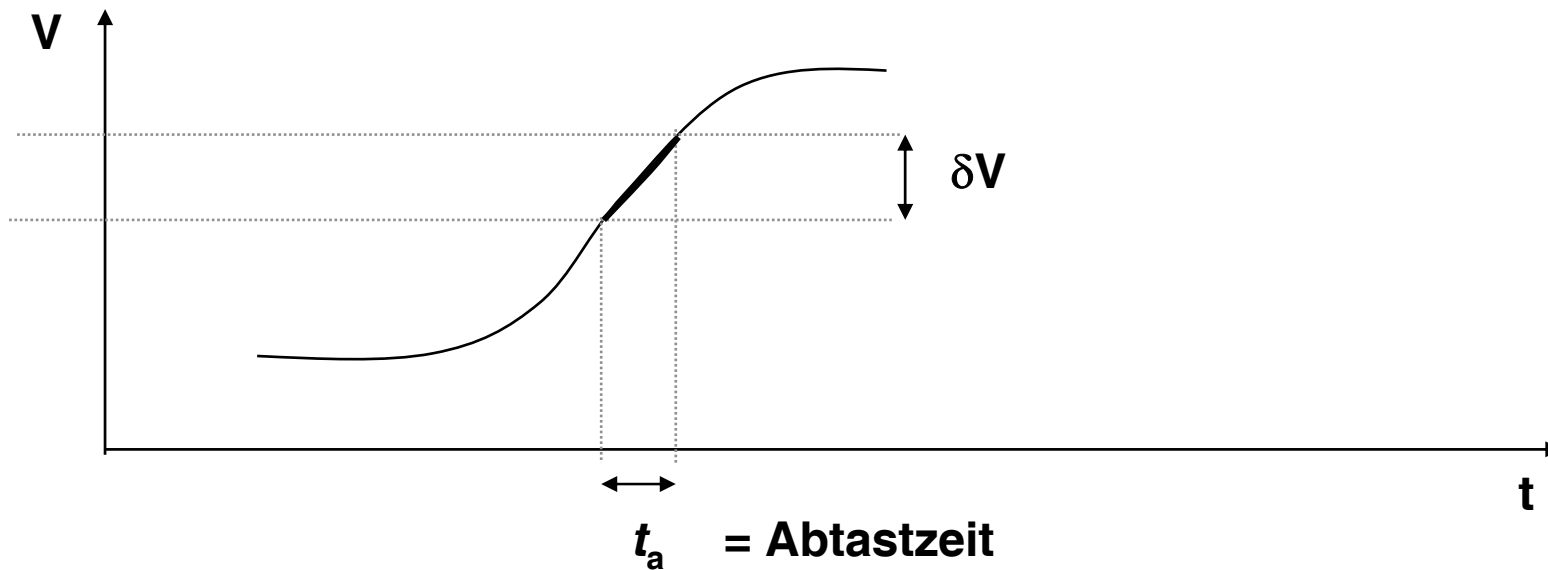


# Wandlung analoger Größen in eine digitale Repräsentation



# Der Effekt der Wandlungszeitzeit auf die Genauigkeit

---



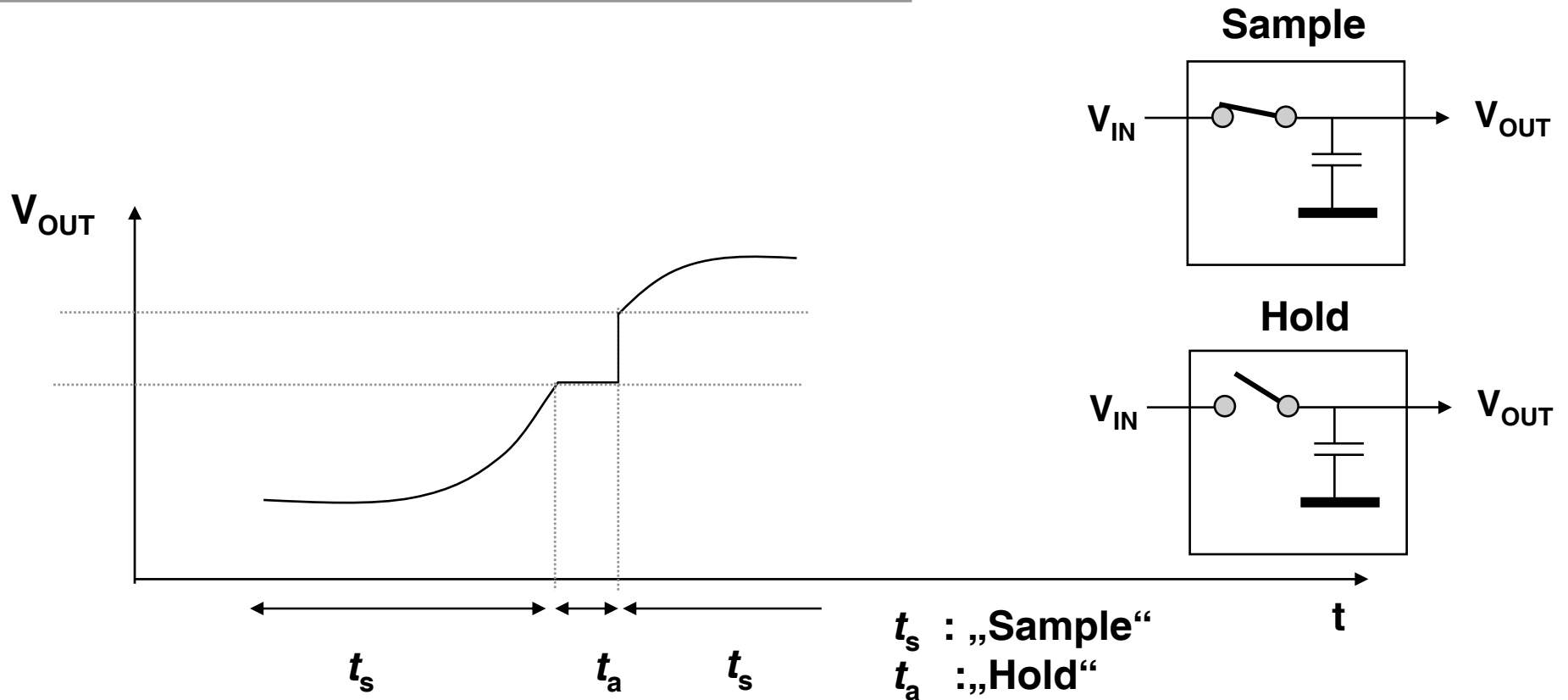
**Eingabewert sollte während der Wandlungszeit konstant sein.**



**Sample and Hold- Komponente**



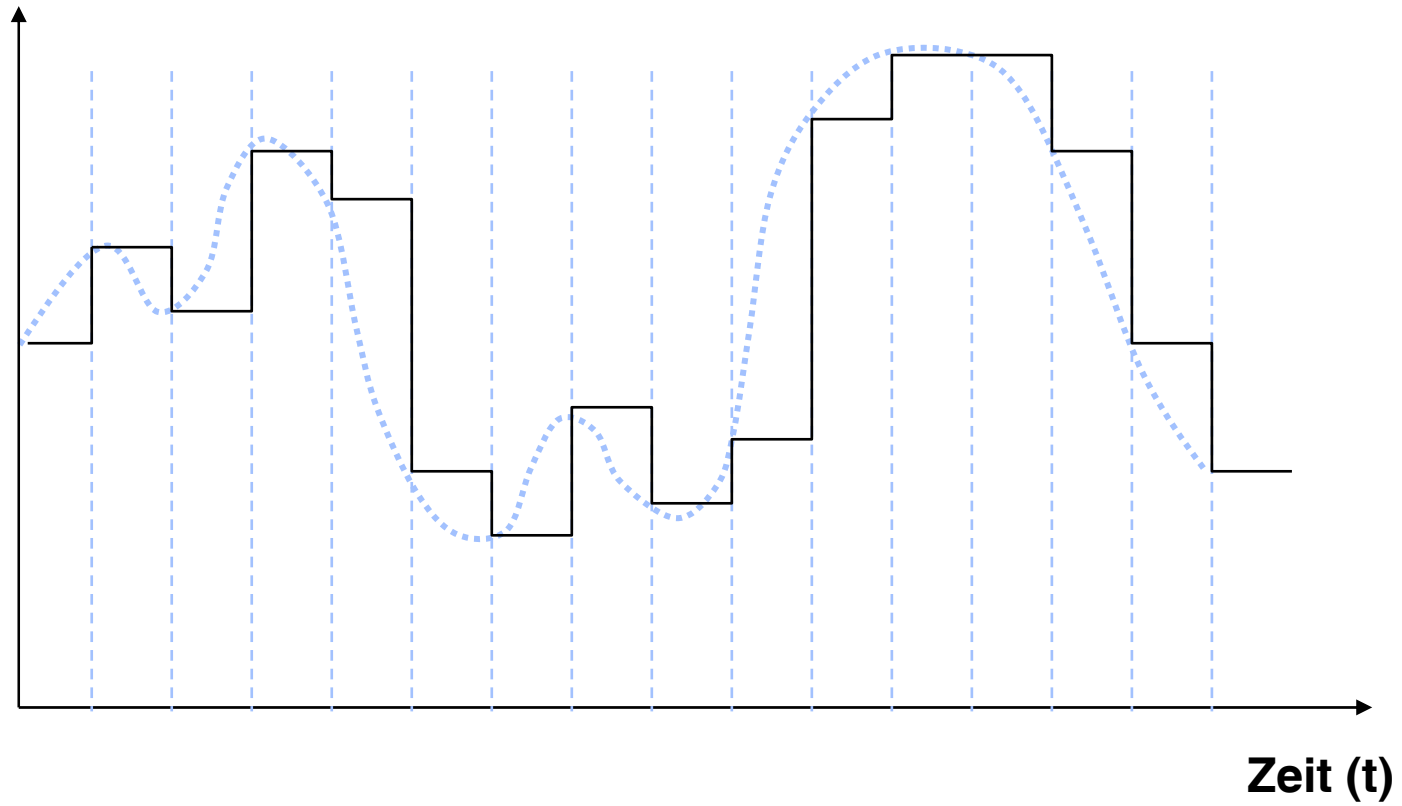
# Prinzip der Sample & Hold Komponente



Während der Zeit der DA-Wandlung gilt:  $\delta V = 0$

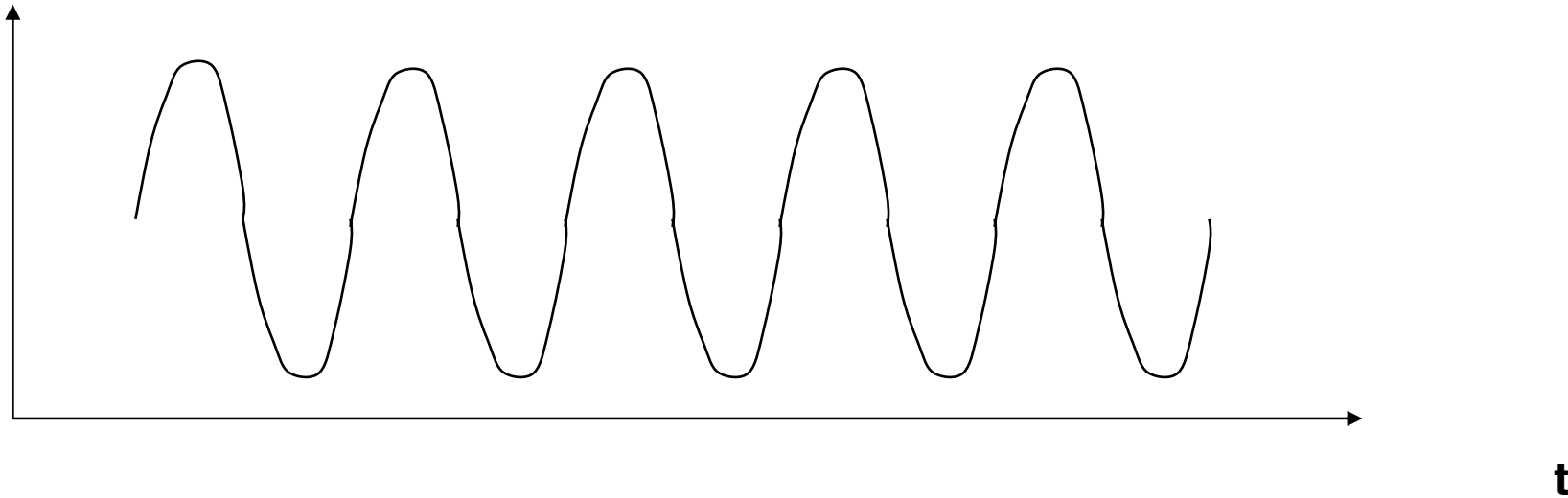
---

Wert  
(v)



# Abtasten eines analogen Signals

---



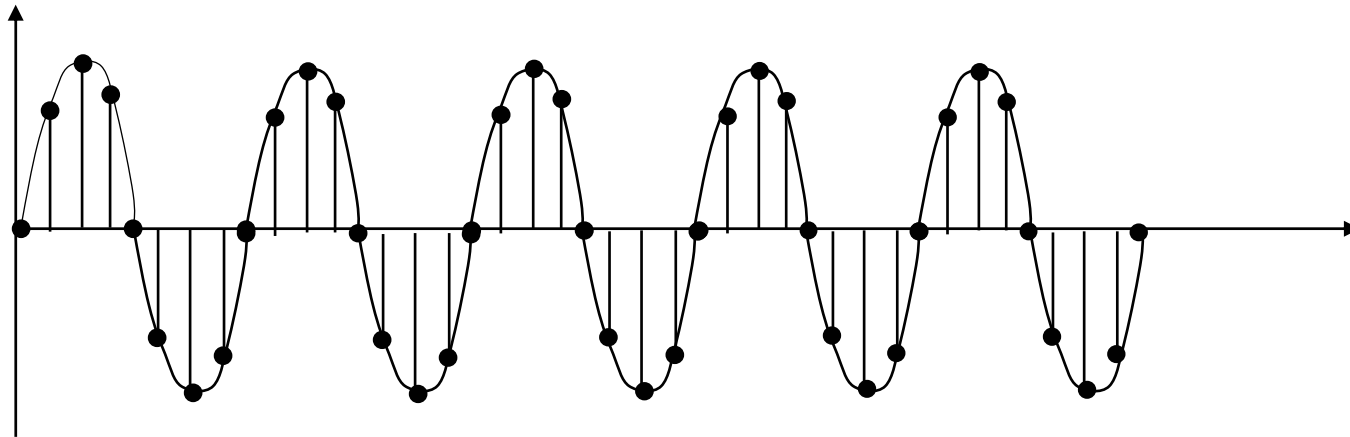
**Frage: Wieviele Punkte des Kurvenverlaufs muss man kennen, um die Kurve fehlerfrei rekonstruieren zu können ??**

# Abtasttheorem

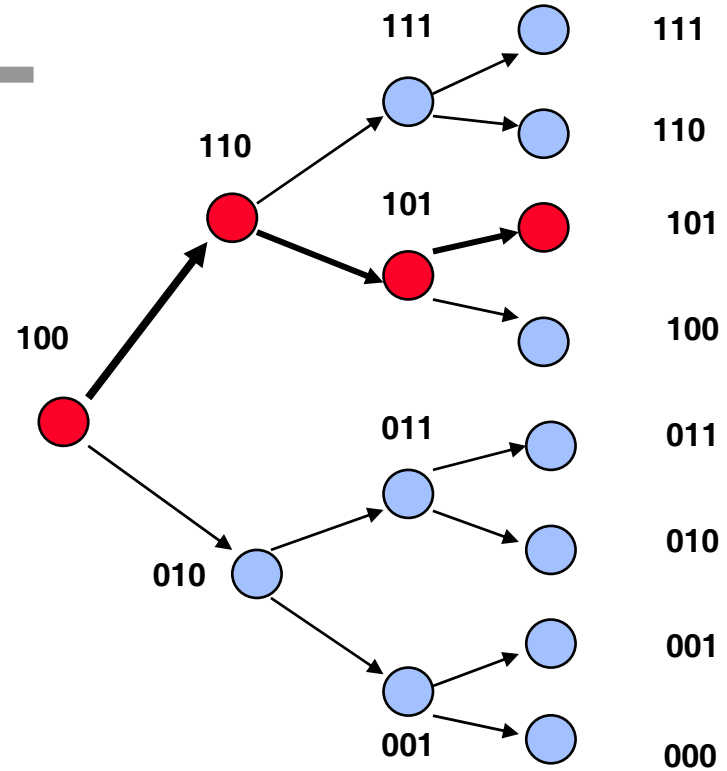
---

Wenn ein kontinuierliches Signal, das keine Frequenzkomponenten hat, die über einer Frequenz  $f_c$  liegen mit einer Häufigkeit von  $2f_c$  abgetastet wird, kann das Originalsignal aus den gewonnenen Punkten unverzerrt rekonstruiert werden.

Diese minimale Abtastrate wird als *Nyquist Rate* bezeichnet.



# Wandlungszeit



## Anforderungen:

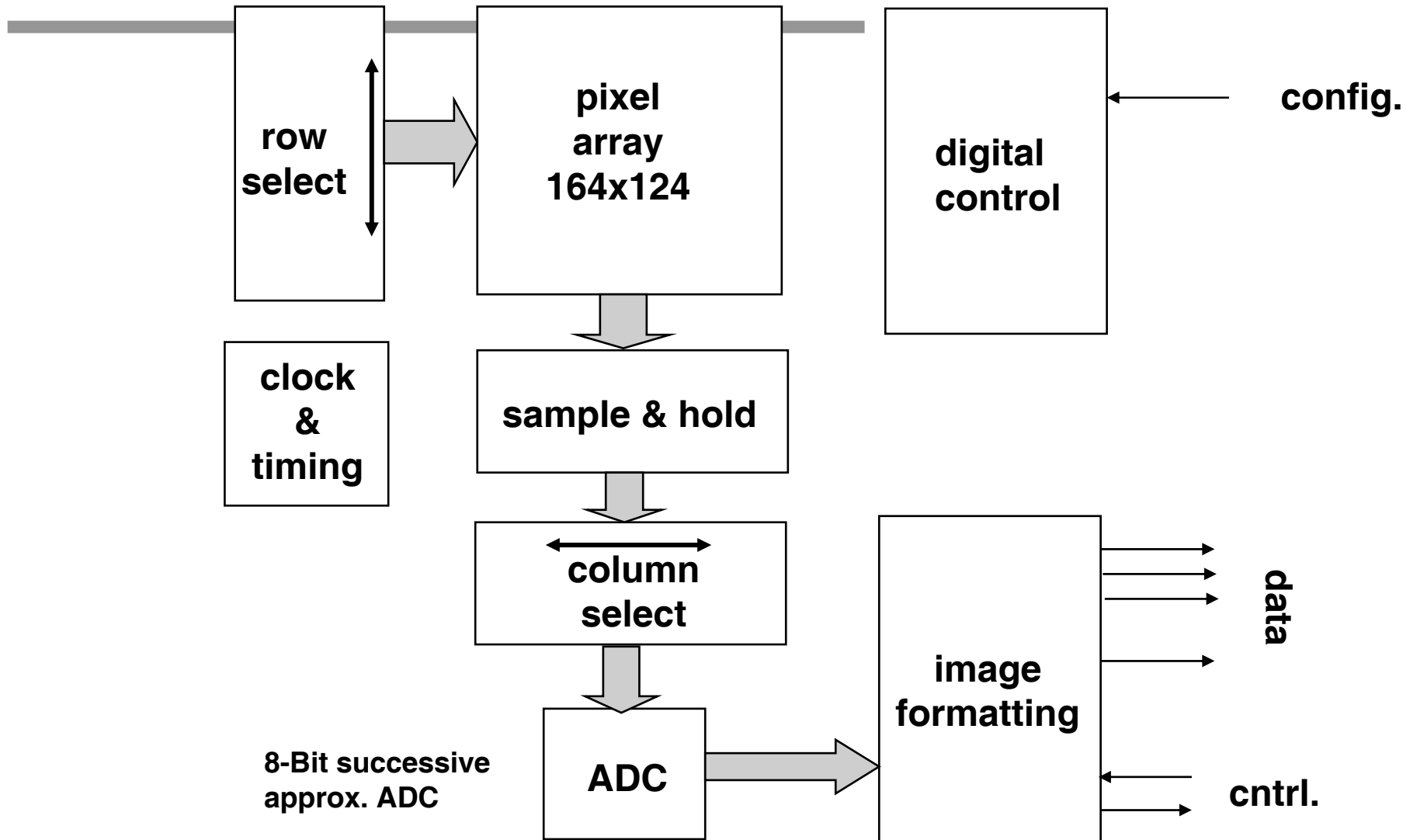
- Temperaturmessung im Heizkessel
- Abstandsmessung bei mobilem Roboter
- Audio in CD Qualität
- CMOS- Bildsensor (164x124x30)
- Hochauflösende Kamera (1024 x 768x30)

AD-Conv./sek	Conv.-Zeit	Auflösung
1/Sekunde		1/100
100/Sekunde	10.000 $\mu$ S	1/100
40000/Sekunde	100 $\mu$ S	1/100.000
610080/Sekunde	1 $\mu$ S	1/100 - 1/1000
23592960/Sekunde	0,01 $\mu$ S	> 1/1000





# Funktionsblöcke eines CMOS-Bild-Sensors



# Beziehung zwischen den Kenngrößen eines A/D-Wandlers

---

Auflösung	Diskrete Zustände	Binäres Gewicht ( $2^{-n}$ )	Max. Fehler bei Conv. bei 10 V max.	Störabstand (dB)	Dynamikumfang (dB)
3	8	0,125	0,71 V	29,4	18,6
4	16	0.0625	0.33 V	34.9	24.1
6	64	0.0156	0.079 V	46.9	36.1
8	256	0.00391	19.6 mV	58.1	48.2
10	1024	0.000977	4.89 mV	71.0	60.2
12	4096	0.000244	1.22 mV	83.0	72.2
14	16384	0.0000610	305 $\mu$ V	95.1	84.3
16	65536	0.0000153	76 $\mu$ V	107.1	96.3

Störabstand: Differenz zwischen dem Nutzsignal und dem Störsignal

Dynamikumfang: Verhältnis zwischen maximalem Wert und der Auflösung (minimaler Wert)



---

# Die Programmier-Schnittstelle zum Digital/Analog-Wandler

Fallstudien:

Hitachi H8/300  
Siemens C167  
Motorola 683xx

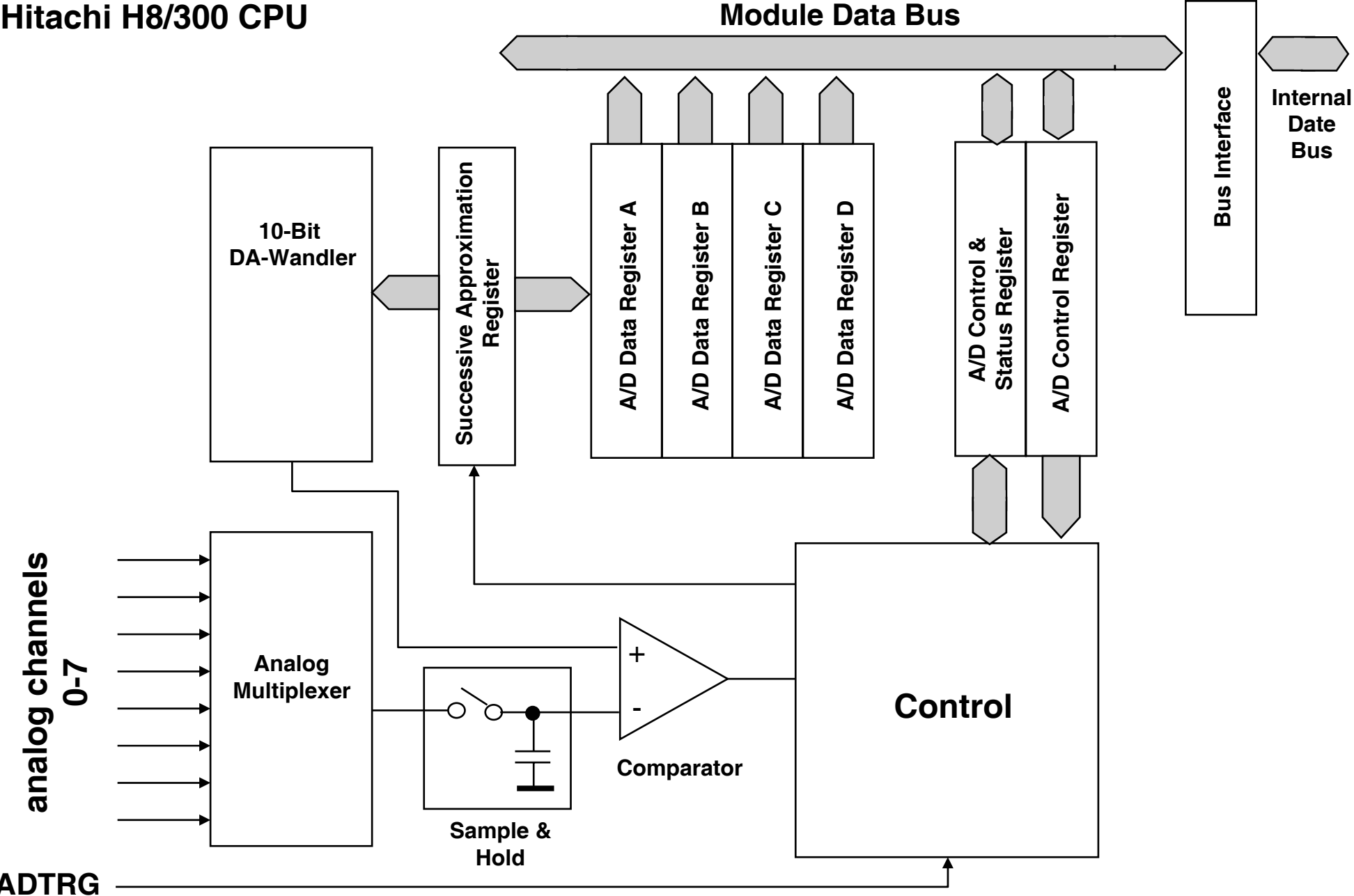


---

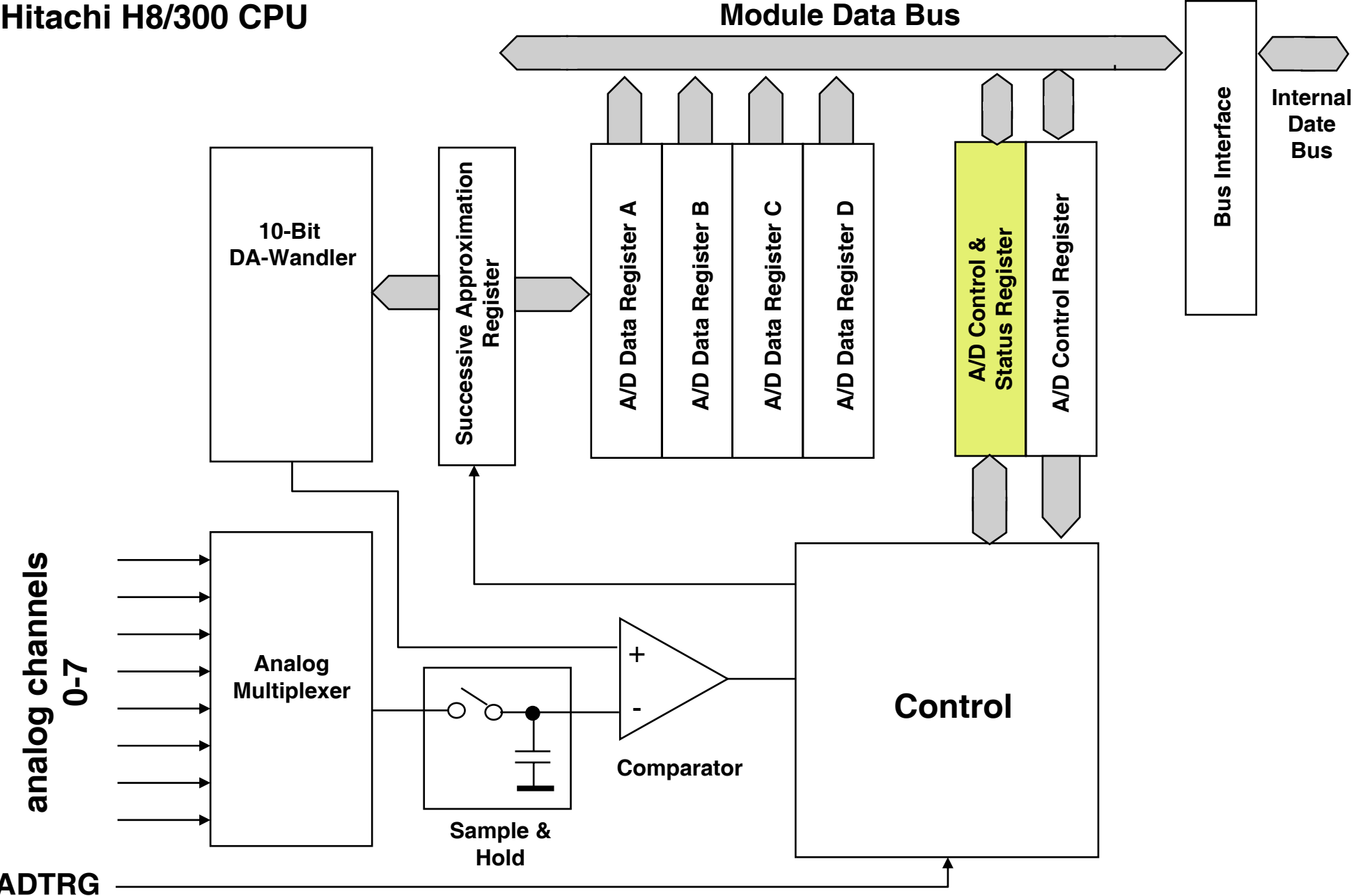
# Hitachi H8/300



# Hitachi H8/300 CPU



# Hitachi H8/300 CPU



# Steuerung des ADC



**ADF: End of Conversion Flag**

zeigt das Ende einer Wandlung an

**ADIE: Interrupt Enable**

ermöglicht einen Interrupt bei Beendigung einer Wandlung

**ADST: Start Conversion**

wenn das Bit gesetzt wird, startet die Wandlung

**SCAN: Scan Mode**

selektiert den Scan Modus

**CKS: Clock Select**

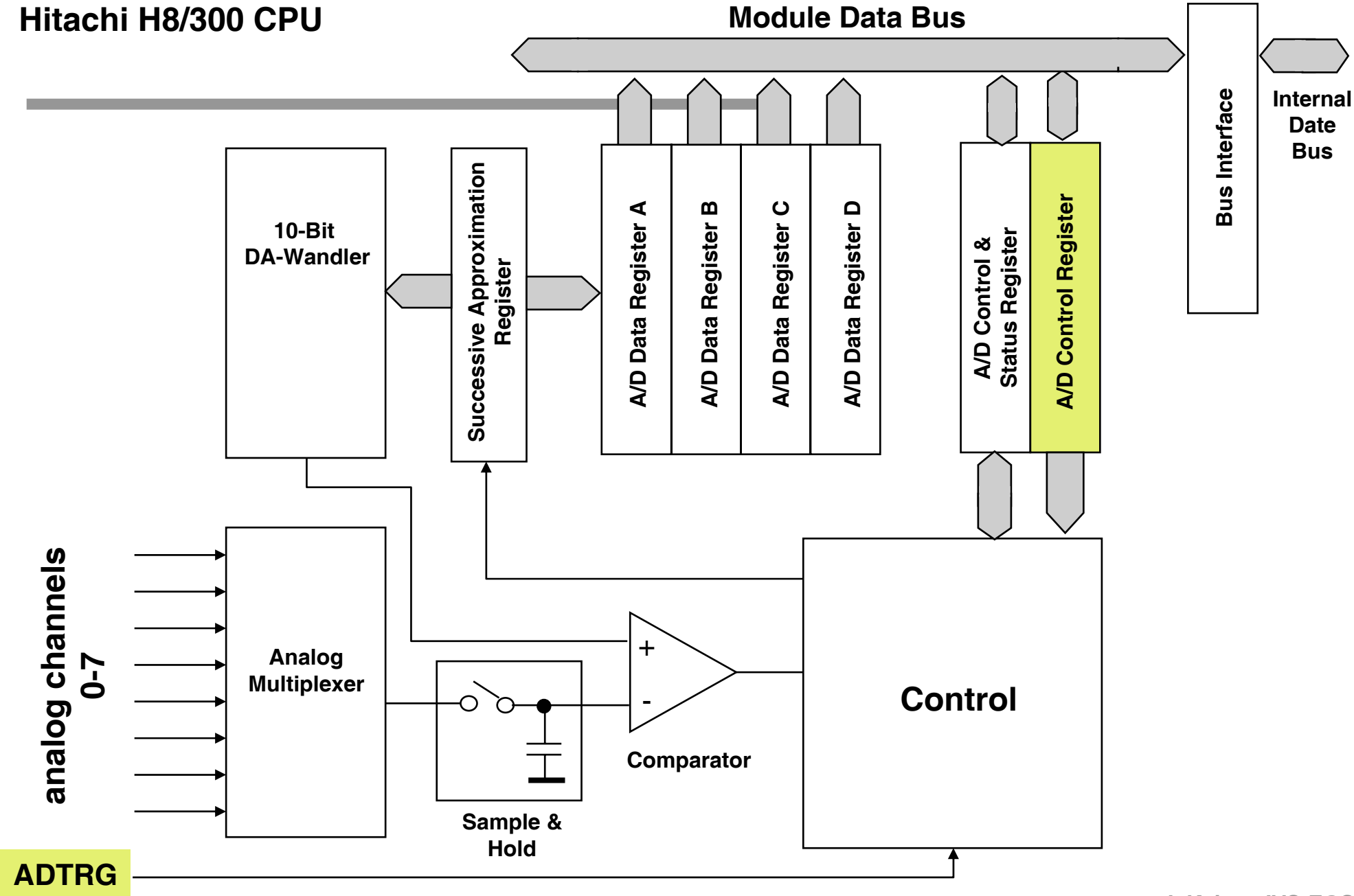
definiert die Wandlungszeit

**CH2:**  
**CH1:** } **Conversion Channel Select**  
**CH0:** }

selektiert den analogen Kanal



# Hitachi H8/300 CPU





# Steuerung des ADC

---



**TRGE: Trigger Enable**

**ermöglicht den Start einer Wandlung auf ein externes Signal.**



# Operationsmodi

**Single Mode:** der durch die Adresse <Ch2, CH1, Ch0> ausgewählte Kanal wird selektiert. Die AD-Wandlung wird durch Setzen des ADSCR oder durch ein externes Triggersignal gestartet.

**Scan Mode:** die Bits Ch2, CH1, Ch0 des ADSCR spezifizieren Gruppen analoger Eingabekanäle. Sie werden zyklisch abgetastet.

Ch2	CH1	Ch0	Single Mode	Scan Mode
0	0	0	AN <sub>0</sub>	AN <sub>0</sub>
0	0	1	AN <sub>1</sub>	AN <sub>0</sub> , AN <sub>1</sub>
0	1	0	AN <sub>2</sub>	AN <sub>0</sub> , AN <sub>1</sub> , AN <sub>2</sub>
0	1	1	AN <sub>3</sub>	AN <sub>0</sub> , AN <sub>1</sub> , AN <sub>2</sub> , AN <sub>3</sub>
1	0	0	AN <sub>4</sub>	AN <sub>4</sub>
1	0	1	AN <sub>5</sub>	AN <sub>4</sub> , AN <sub>5</sub>
1	1	0	AN <sub>6</sub>	AN <sub>4</sub> , AN <sub>5</sub> , AN <sub>6</sub>
1	1	1	AN <sub>7</sub>	AN <sub>4</sub> , AN <sub>5</sub> , AN <sub>6</sub> , AN <sub>7</sub>

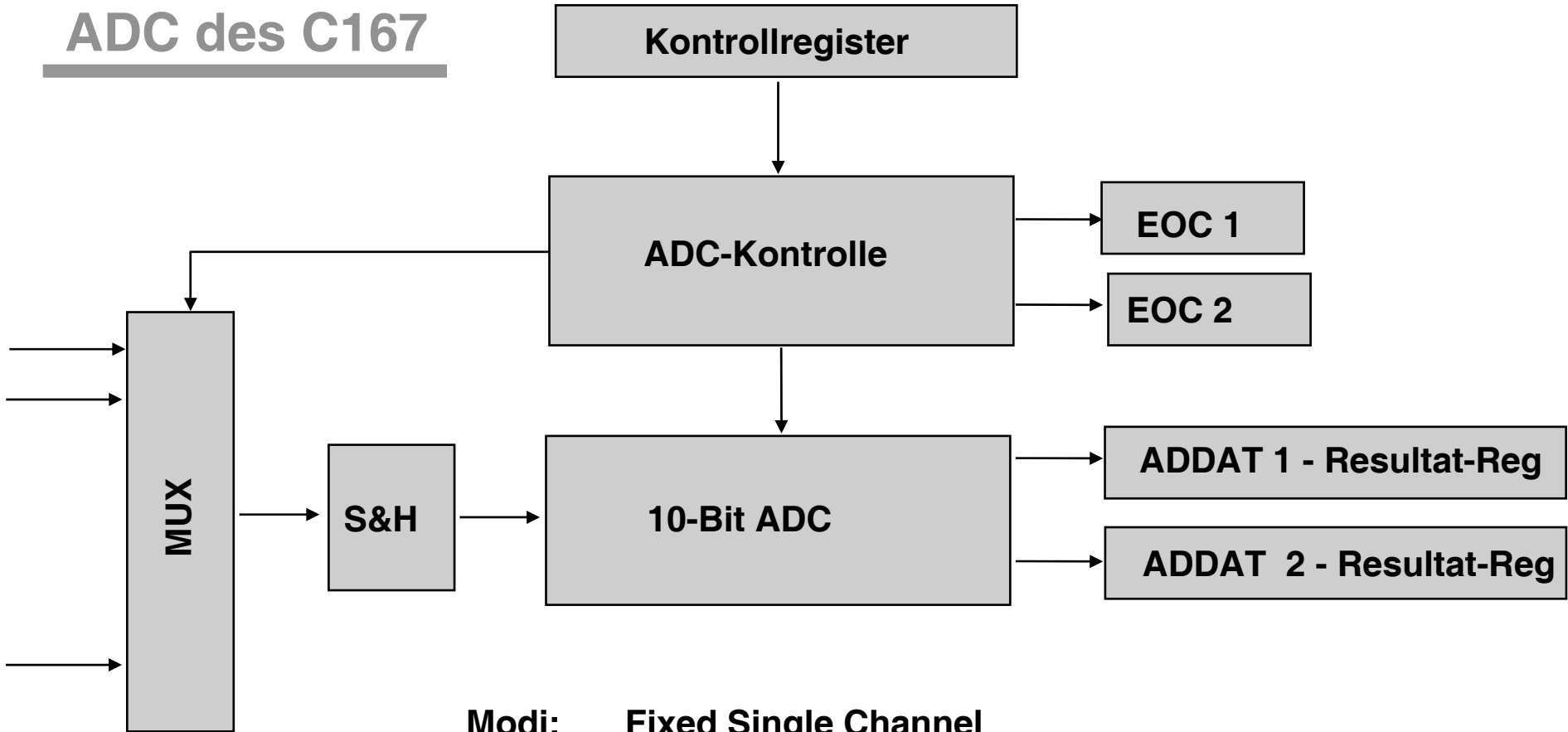


---

# Infineon C167



# ADC des C167

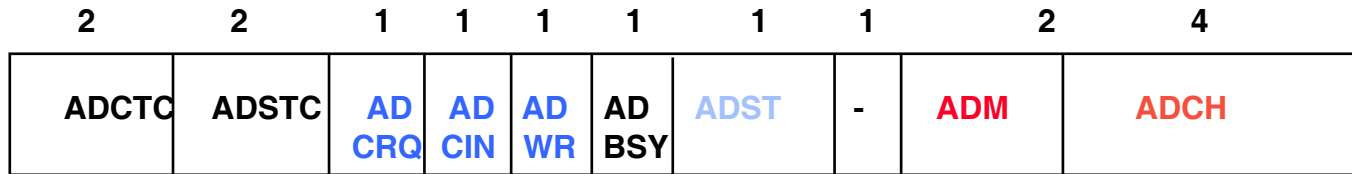


**Modi:** Fixed Single Channel  
Fixed Single Channel Continuous Conversion  
Auto Scan Single Conversion  
Auto Scan Continuous Conversion  
Wait for ADDAT Read Mode  
Channel Injection Mode



# Kontrolle des Analog-/Digital-Wandlers

## ADCON



**ADCH** : Analog Kanal (1 aus 16)

bei kontinuierlicher AD-Wandlung wird dieser Wert sukzessive bis 0 dekrementiert

**ADM** : Modus

- 00 Fixd Channel Single Conversion
- 01 Fixed Channel Continuous Conversion
- 10 Auto Scan Single Conversion
- 11 Auto Scan Continuous Conversion

**ADST** : ADC Start Bit

**ADBSY**: ADC Busy

**ADWR** : ADC Wait for Read Control

**ADCIN** : ADC Channel Injection Enable

**ADCRQ**: ADC Channel Injection Request Flag

**ADSTC**: ADC Sample Time Control

**ADCTC**: ADC Conversion Time Control

## ADDAT

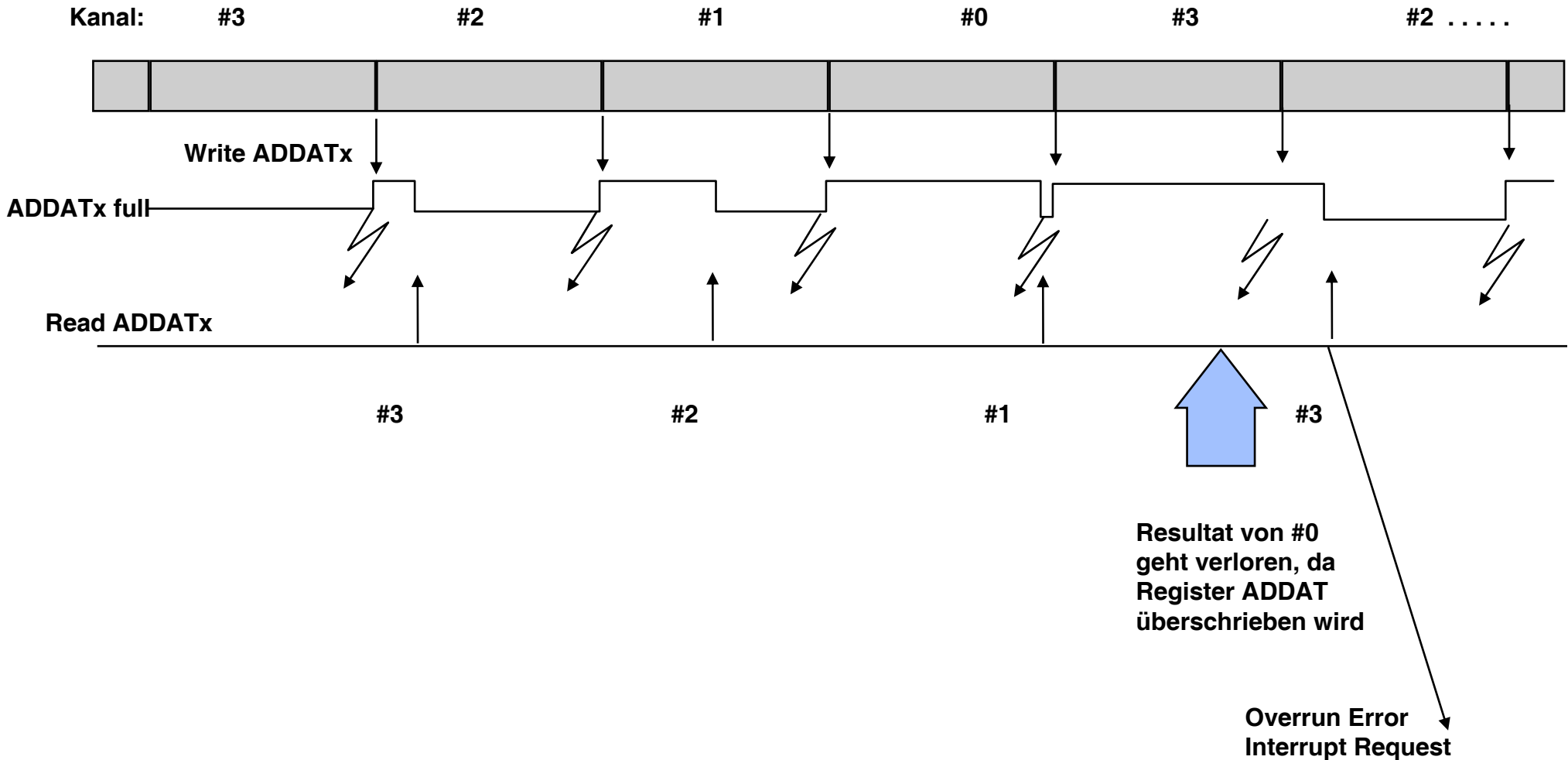


**CHNR** : Channel Number

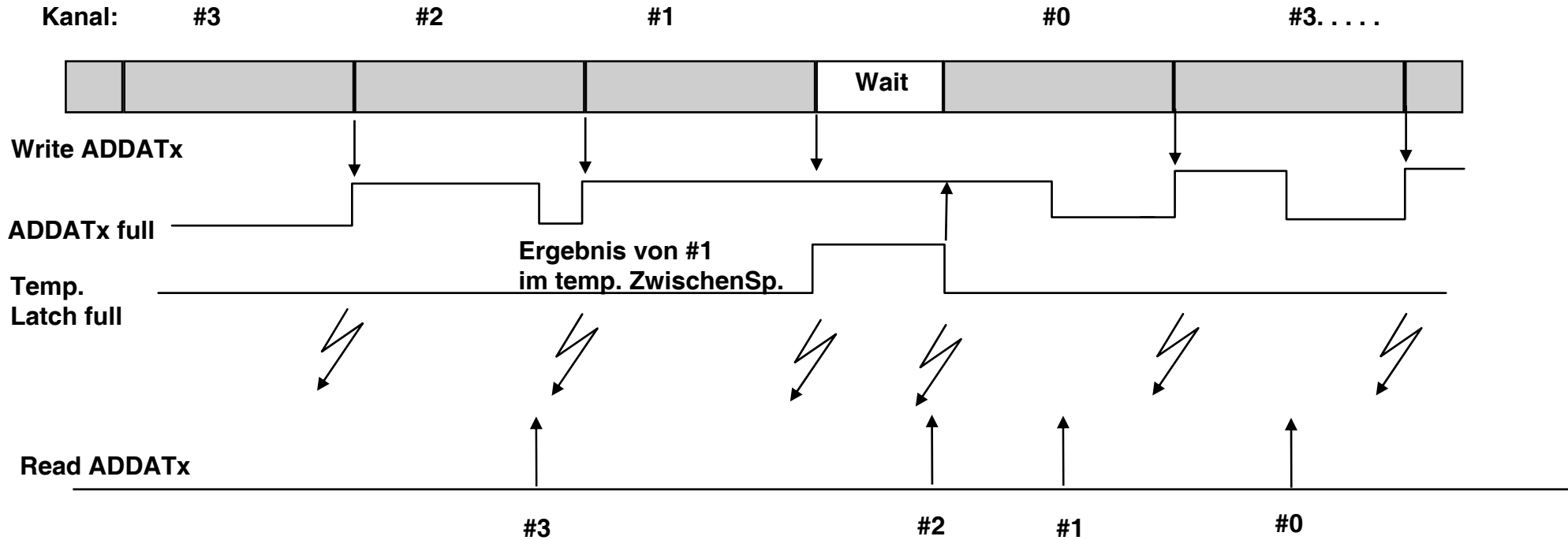
**ADRES**: ADC Result



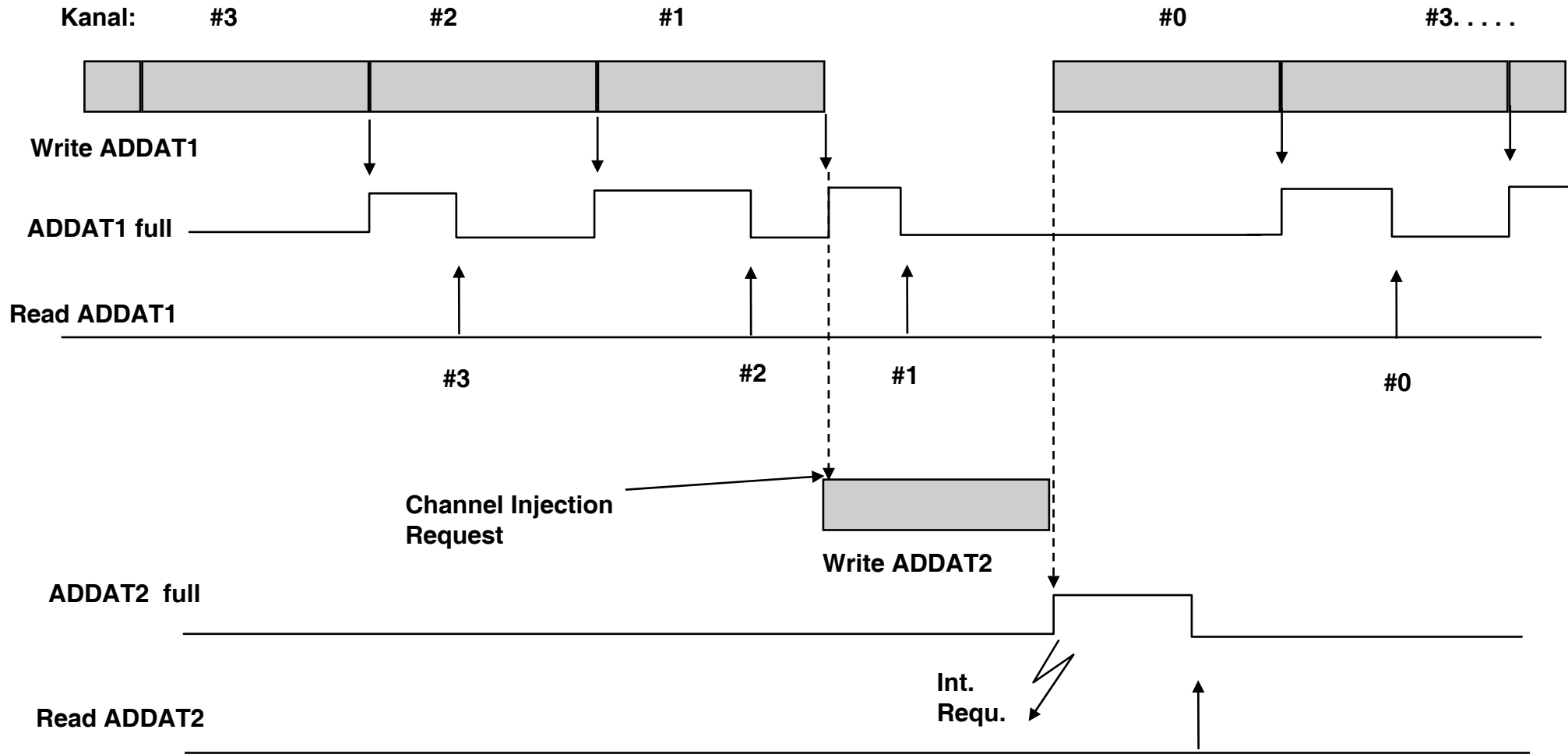
# Timing einer AD-Wandlung



# Timing einer AD-Wandlung mit Warteoption



# Timing einer AD-Wandlung mit "Channel Injection"





---

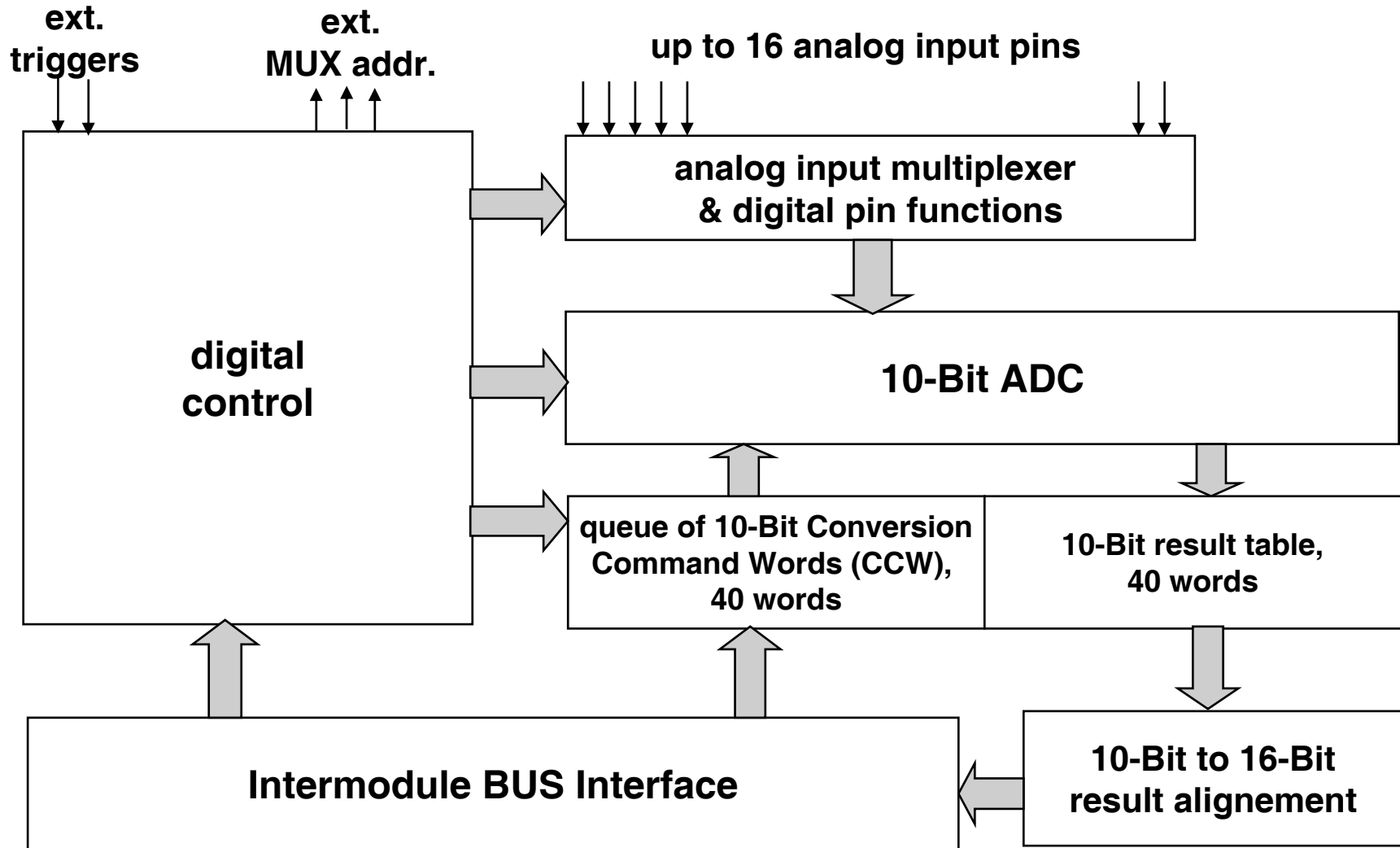
# Motorola 683xx Familie

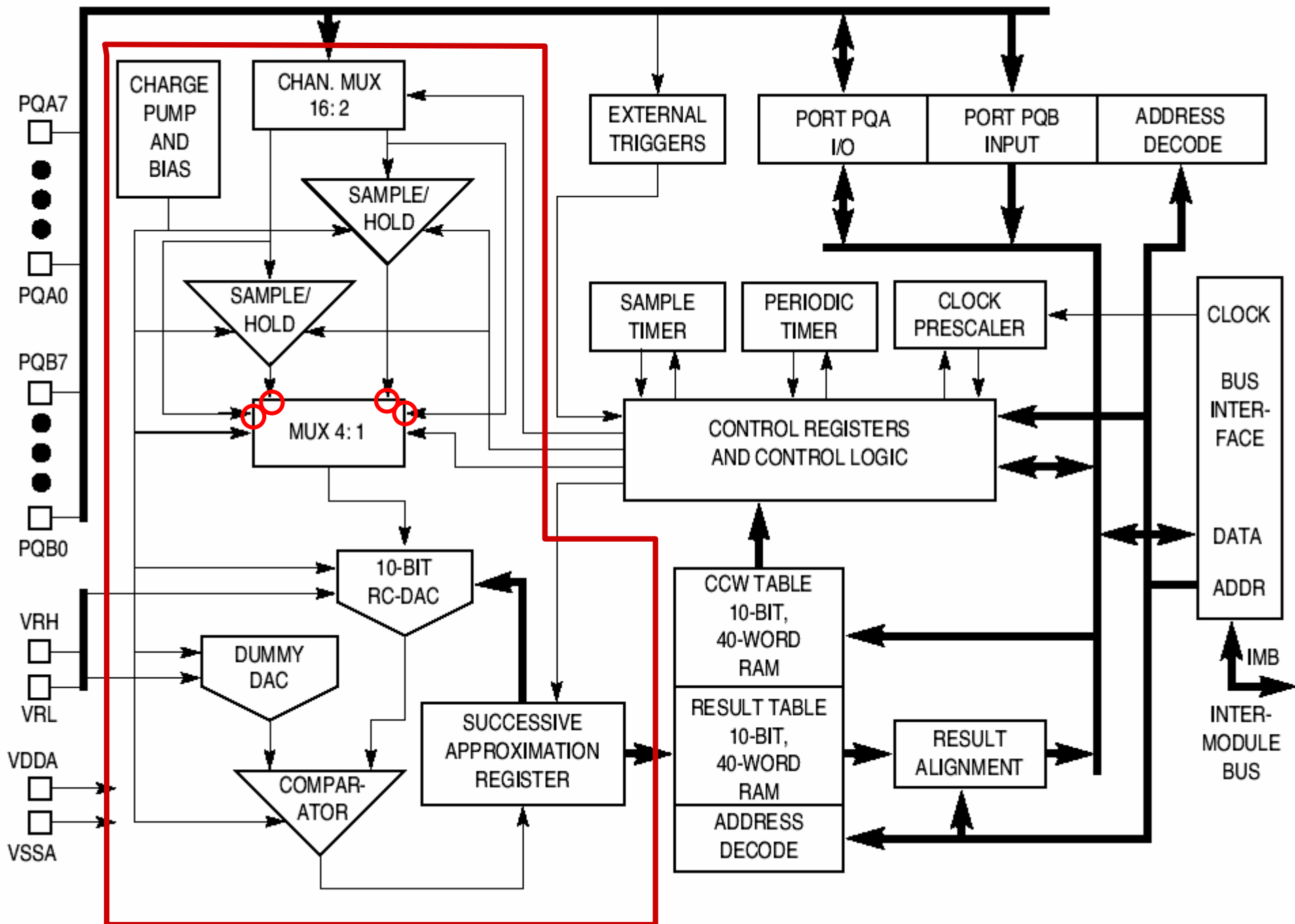
**QADC**

**Queued Analog - to - Digital Converter**



# QADC: Queued Analog-to Digital Converter

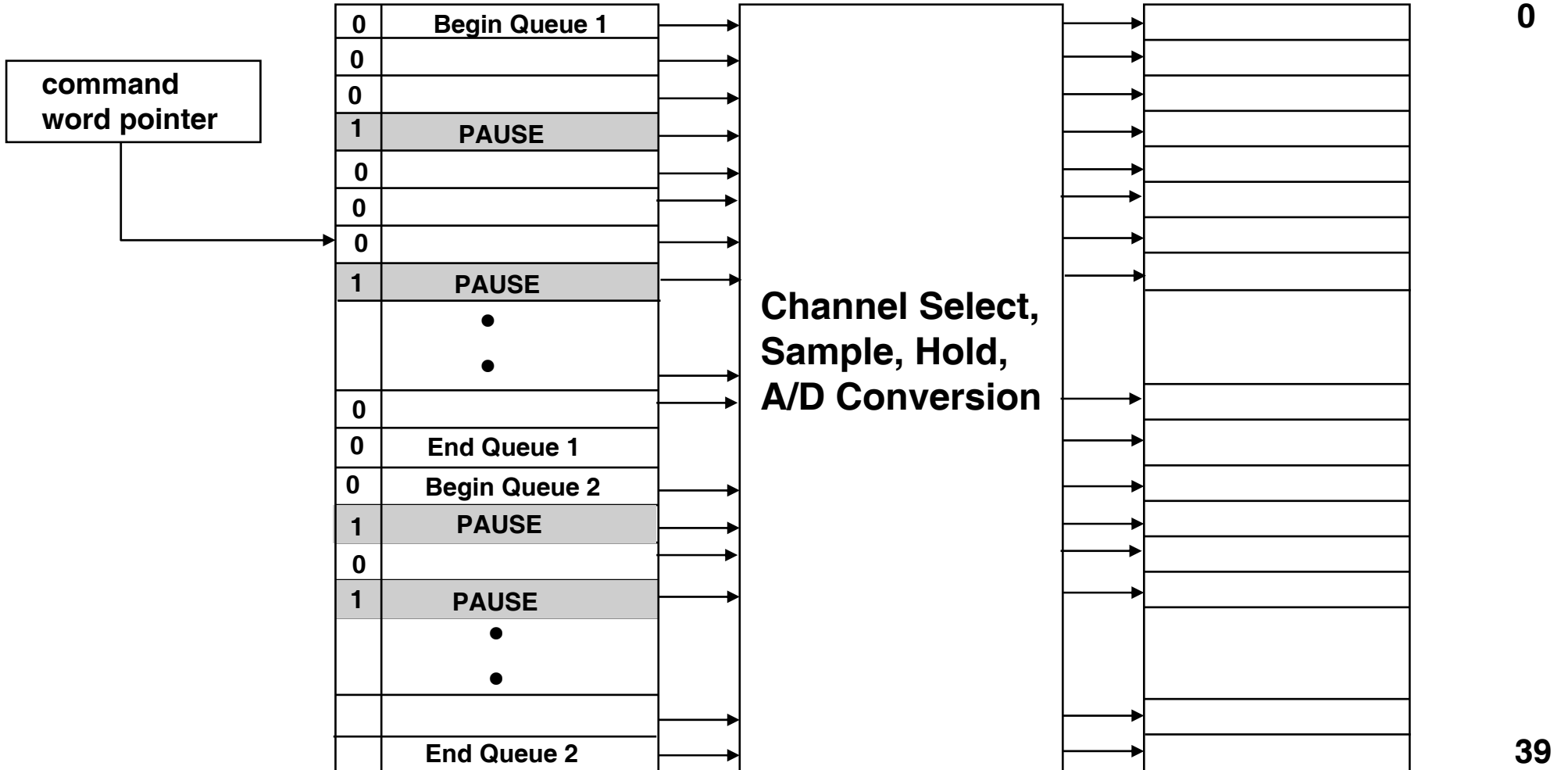




# QADC: Queue Structure

## Conversion Command Word Table (CCW)

## Result Word Table



**Der Ablauf des Abtastens von analogen Eingängen wird über 2 Queues organisiert.  
Eine Queue hat den Status:**

- idle**
- active**
- paused**
- suspended**
- trigger pending**

**Queue 1 hat immer eine höhere Priorität als Queue 2, d.h. wenn immer ein ausführbares CCW in Queue 1 vorliegt, wird es bearbeitet.**

**Die Queues enthalten Kommandoworte (Conversion Command Word: CCW, die jeweils eine AD-Wandlung spezifizieren.**

<b>P</b>	<b>BYP</b>	<b>IST</b>	<b>CHAN</b>
----------	------------	------------	-------------

**P = Pause**

**BYP = Bypass**

**IST = Input Sample Time**

**CHAN = Channel Number and End-of-Queue Code**

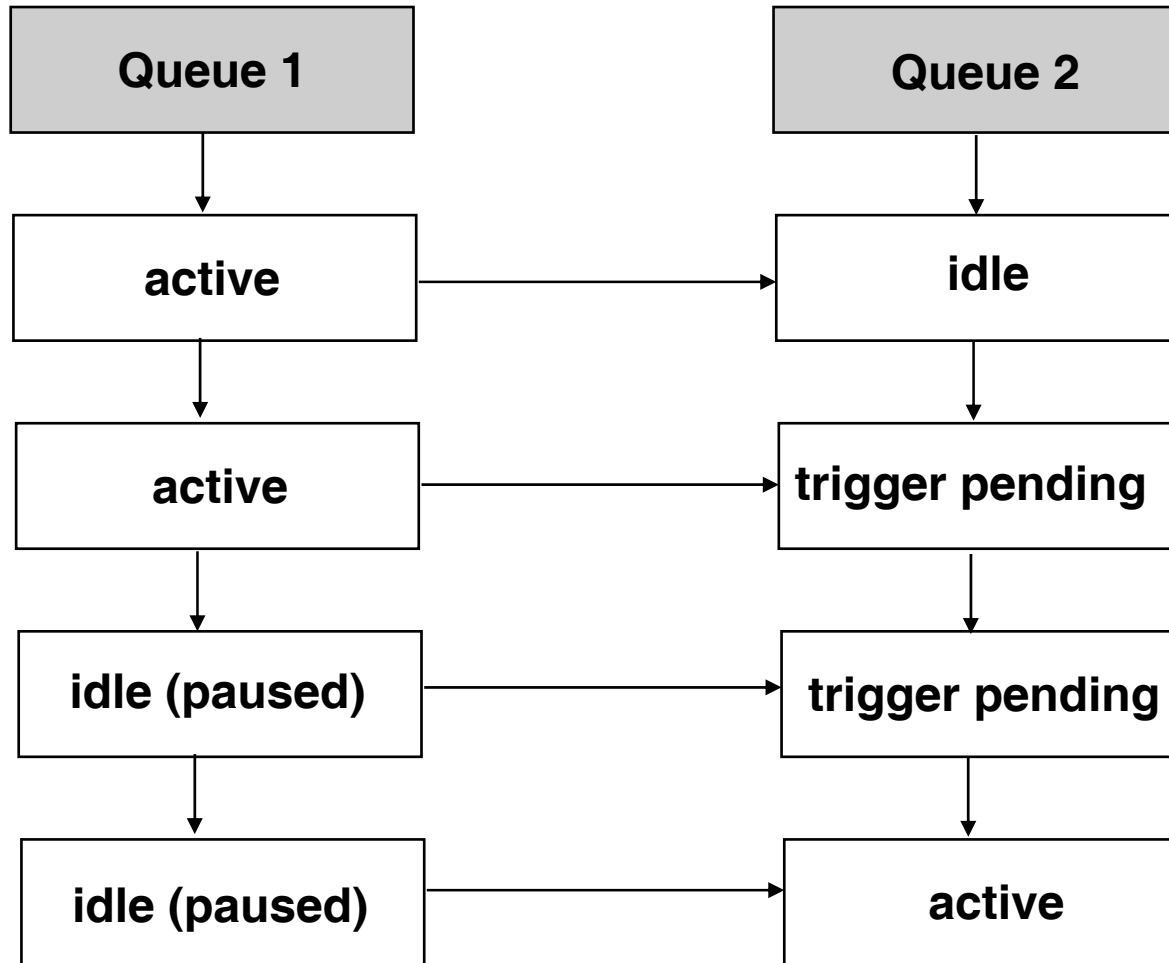
**Erlaubt Subqueues, die auf ein anderes Triggerereignis reagieren**

**Überbrücken der S&H-Stufe**

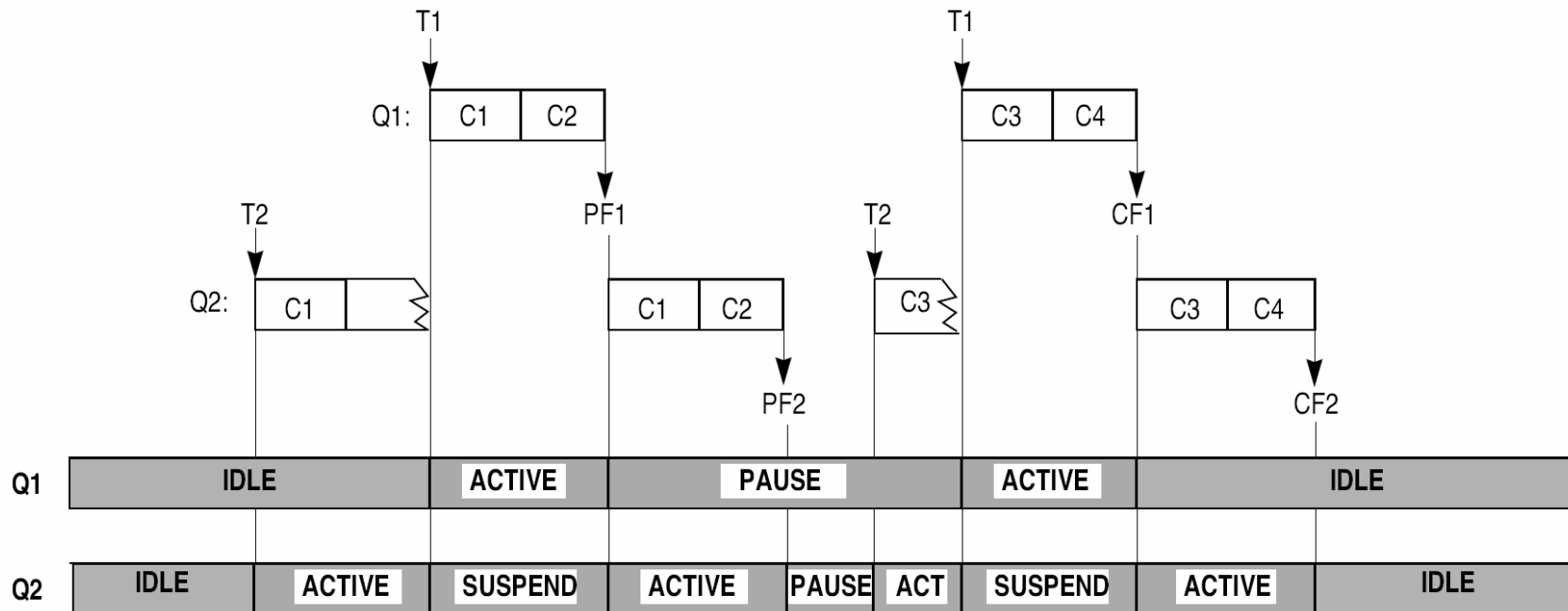
**Spez. Die Länge des „Sample Windows“**

# Queue Status Transition

---



# Beispiel: Ablauf und Prioritätssteuerung



## 2 Queues mit je 4 Command Words: C1,..., C4

Trigger	Events
T1	Events that trigger queue 1 execution (external trigger, software initiated single-scan enable bit, or completion of the previous continuous loop)
T2	Events that trigger queue 2 execution (external trigger, software initiated single-scan enable bit, timer period/interval expired, or completion of the previous continuous loop)

Bit	Function
CF Flag	Set when the end of the queue is reached
PF Flag	Set when a queue completes execution up through a pause bit
Trigger Overrun Error (TOR)	Set when a new trigger event occurs before the queue is finished serving the previous trigger event



# Operating Modes

---

## Trigger:

**Software (internal)**  
**External Event**  
**Timer**

## Mode:

**Single Scan**  
**Continuous Scan**

**All combinations possible !**





# Beispiel:

---

Order this document  
by AN1776/D

## Motorola Semiconductor Application Note

---

---

# AN1776

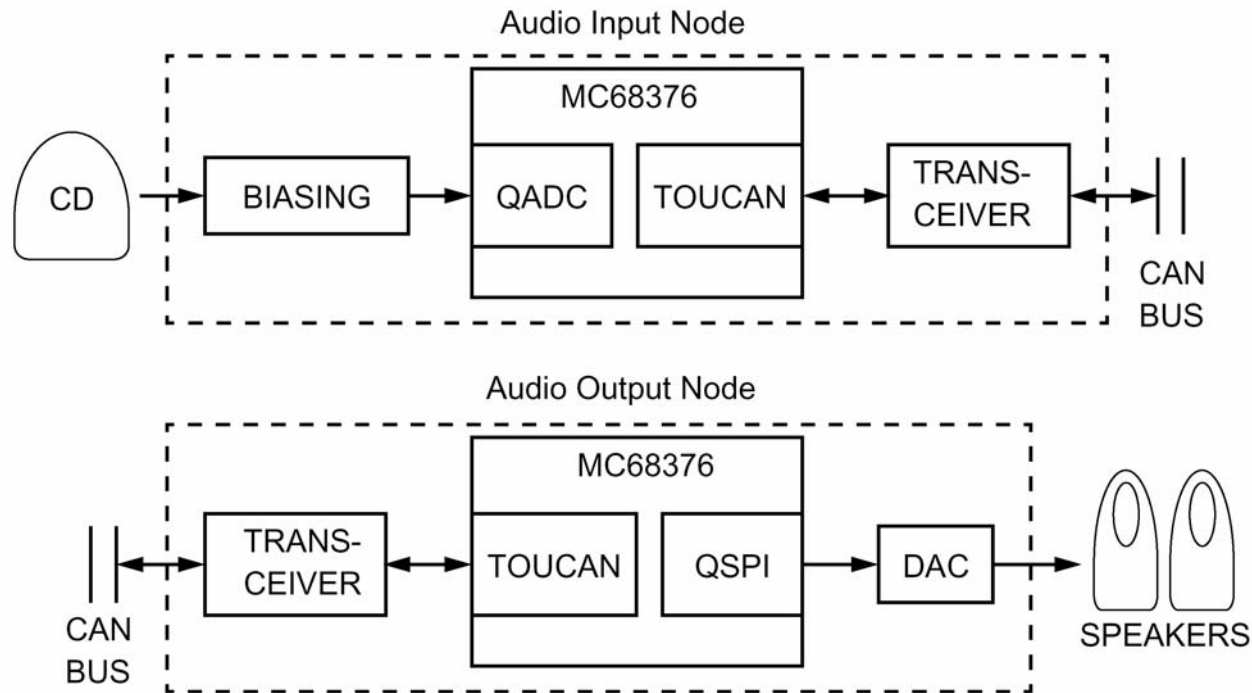
### Stereo Audio Transmission Over The CAN Bus Using The Motorola MC68376 With TouCAN Module

By Allan Dobbin  
Transportation Systems Group  
East Kilbride, Scotland

Rev 1.0, 10th July 1998



# Audio über CAN



sampling rate: 29.2kHz per channel i.e. 58,400 samples per second.

# Audio über CAN: Anforderungen

---

**CD:** sampling rate of 44.1kHz with 16-bit accuracy (96dB SNR) for audio reproduction up to 20kHz

**FM stereo:** sampling rate of 32kHz with 14-bit accuracy (84dB SNR) for audio up to 15kHz.

**GSM** handsets uses a bandwidth of 300Hz to 3.4kHz with 8-bit accuracy (48dB SNR).

68376's QADC: sampling rates above 100kHz with typical conversion times 8.6ms.

## too much for CAN

sampling rate – 29.2kHz

sampling resolution – 8 bits

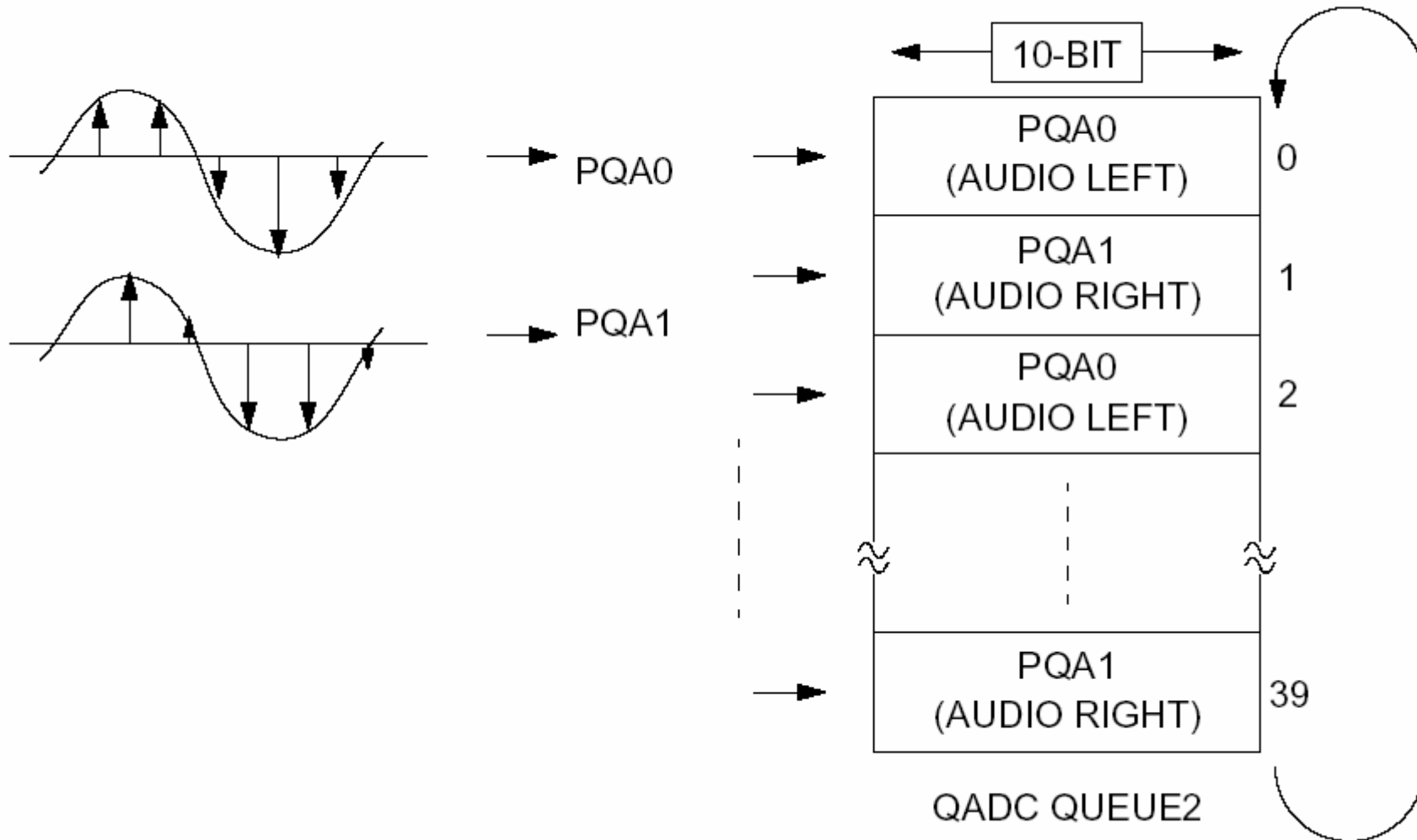
no. of audio channels – 2

CAN rate – 1Mbit/s

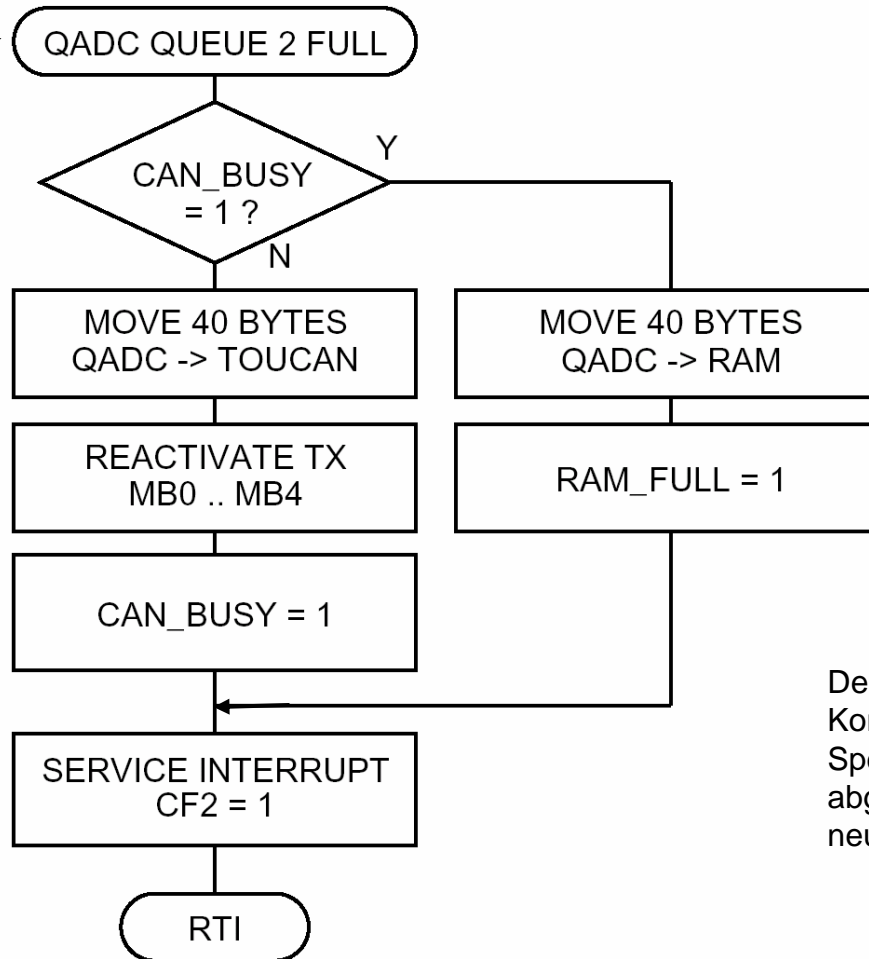
CAN bandwidth – 88%



# Beispiel: Konversion von Stereo-Audio-Signalen (software triggered continuous-scan mode)



**Interrupt** →



Der Transfer der 40 Bytes zum Kommunikationscontroller oder in den Speicher muss in  $17.1\mu\text{s}$  ( $= 1/58400$ ) abgewickelt werden, da sonst die Queue mit neuen Werten überschrieben wird.



---

# Bestimmung analoger Grössen durch Zeitmessung

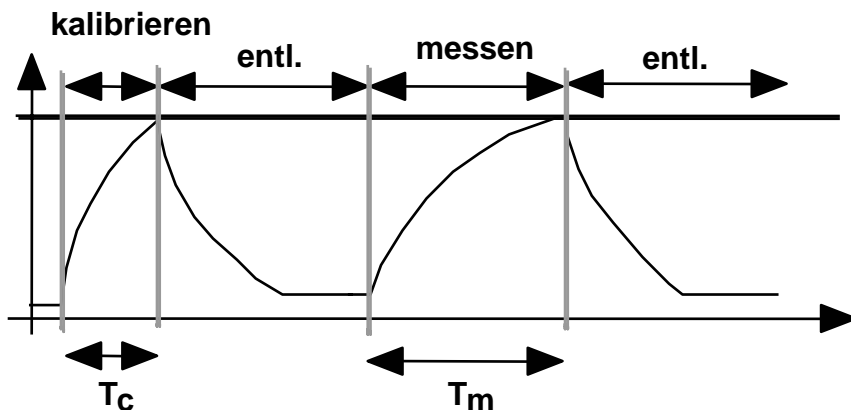
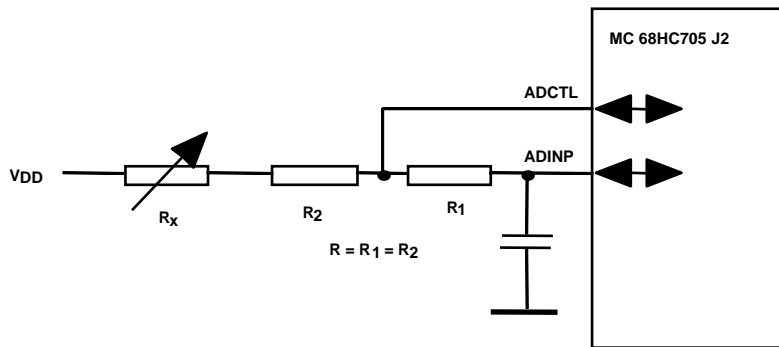
**Beispiel: Widerstandsbestimmung durch Zeitmessung.  
Anwendungen: Belichtungsmessung mit Photowiderstand  
Temperaturmessung mit Heiss/Kaltleiter, etc.**



# Analog/Digital-Wandlung mit Timer (Widerstandsmessung)

## Annahmen:

- Die E/A-Leitungen können unter Software-Kontrolle von Eingabe auf Ausgabe geschaltet werden
- Die digitalen Eingabeleitungen haben einen hohen Eingangswiderstand und einen geringen Leckstrom
- Die digitalen Ausgabeleitungen schalten mit einer sehr geringen Differenz auf die Versorgungsspannung bzw. GND
- Der Prozessor ist schnell genug, um im Hintergrund Berechnungen auszuführen



Start

Entlade C durch ADCTL = 0  
(ADCTL ist Ausgang)

Lade C durch ADCTL = 1  
(ADCTL ist Ausgang)

Mi die Zeit bis ADINP = 1 (VDD)

Entlade C durch ADCTL = 0  
(ADCTL ist Ausgang)

Setze ADCTL in den hochohmigen Zustand  
(ADCTL ist Eingang)

Mi die Zeit bis ADINP = 1 (VDD)

Berechne  $R_x$

Ergebnis

