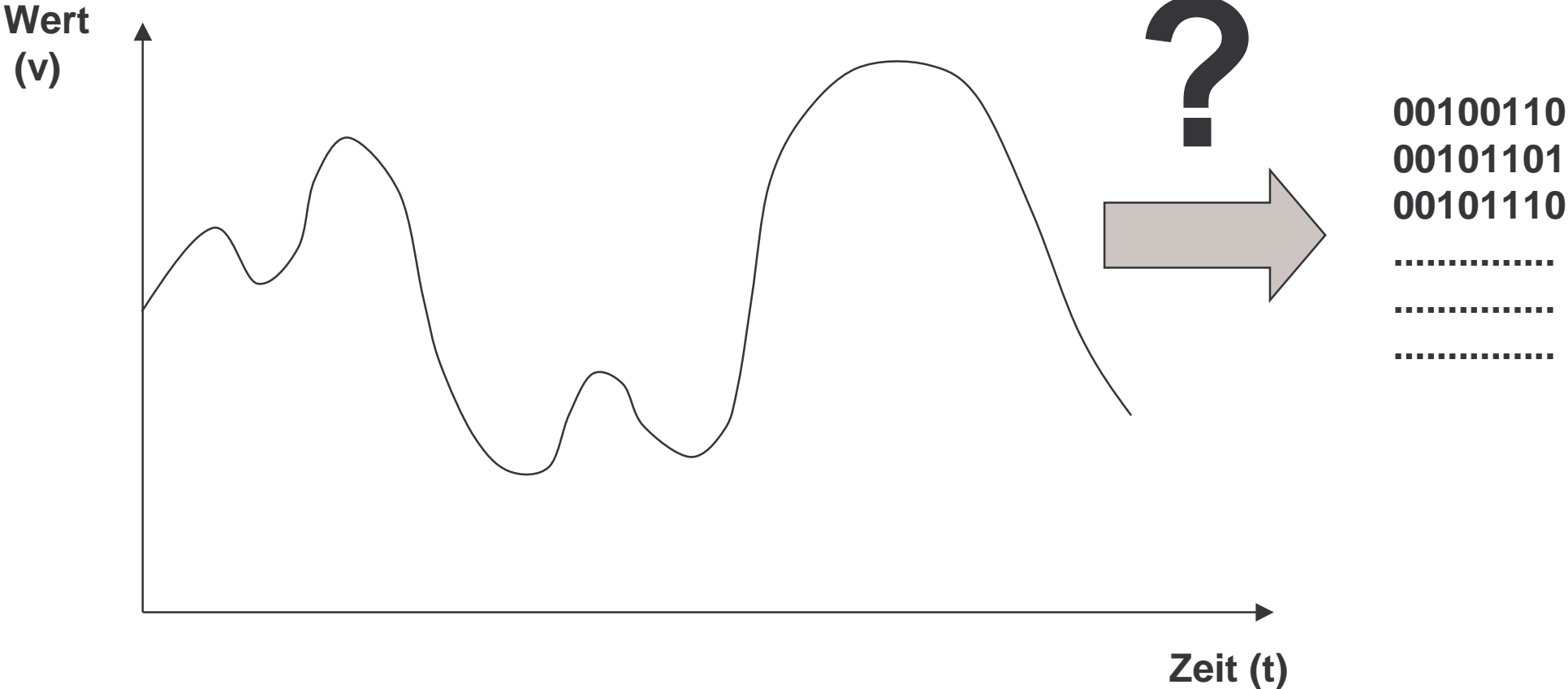


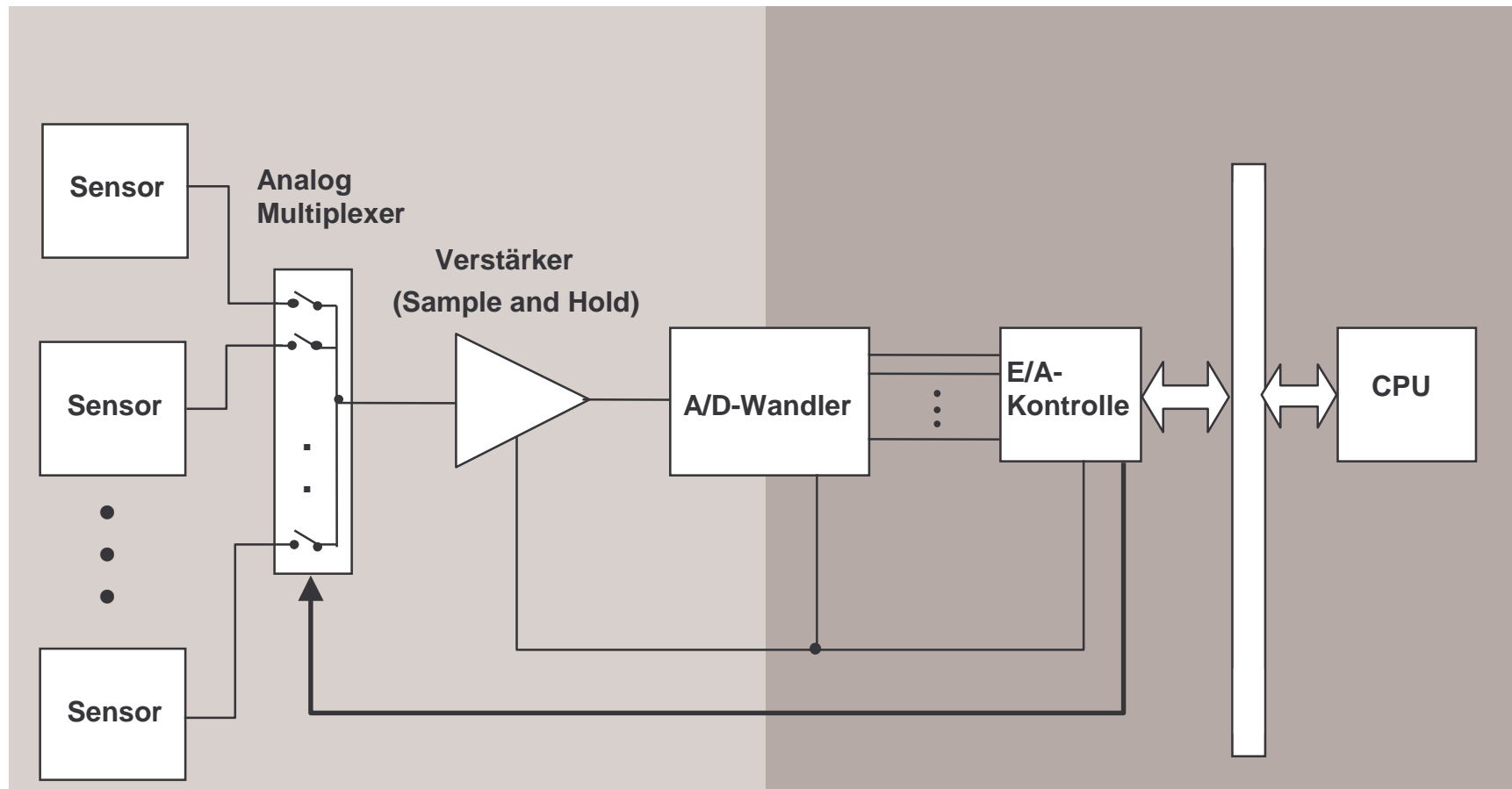
Die analoge Schnittstelle

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



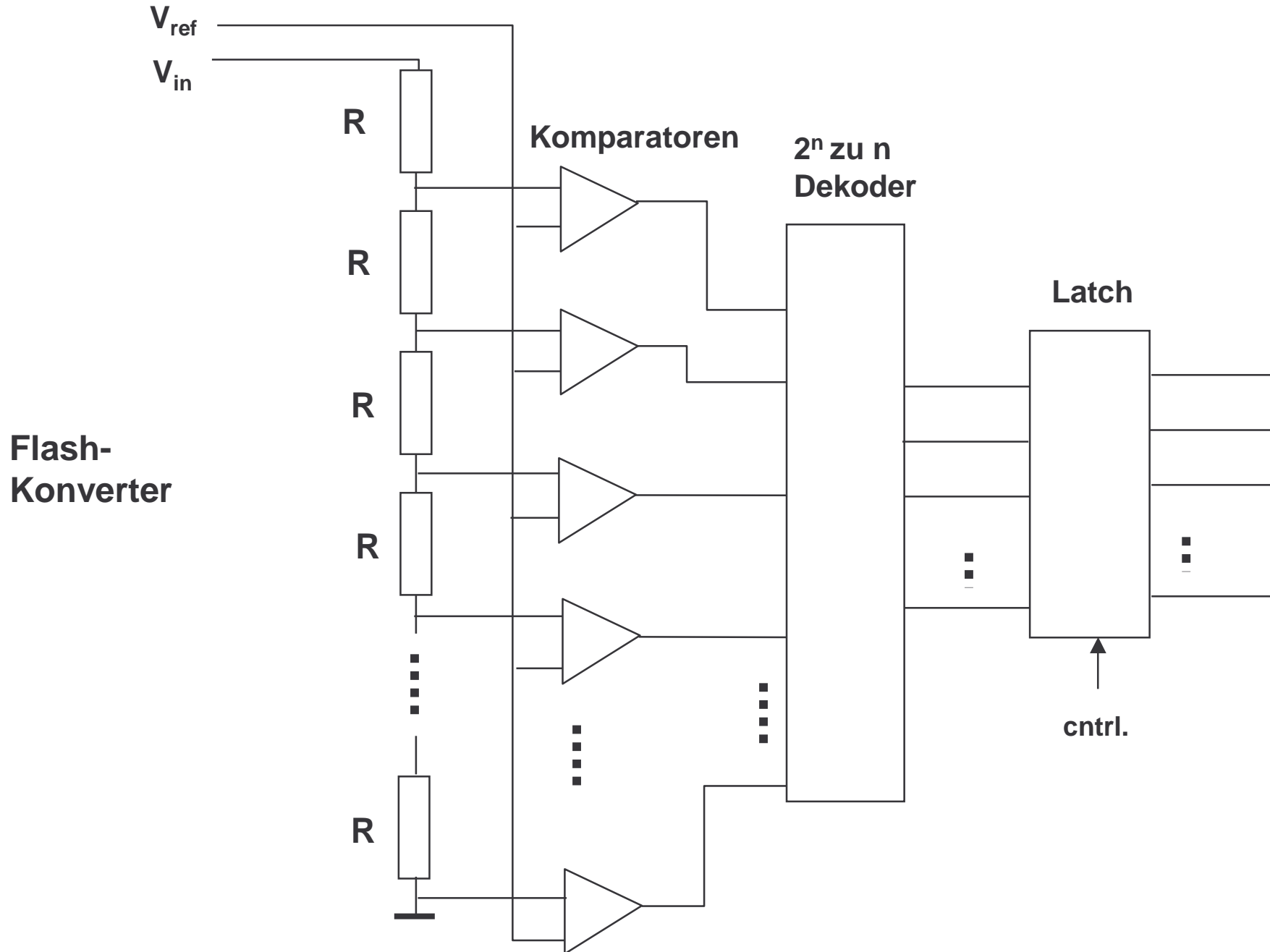
ANALOG

DIGITAL

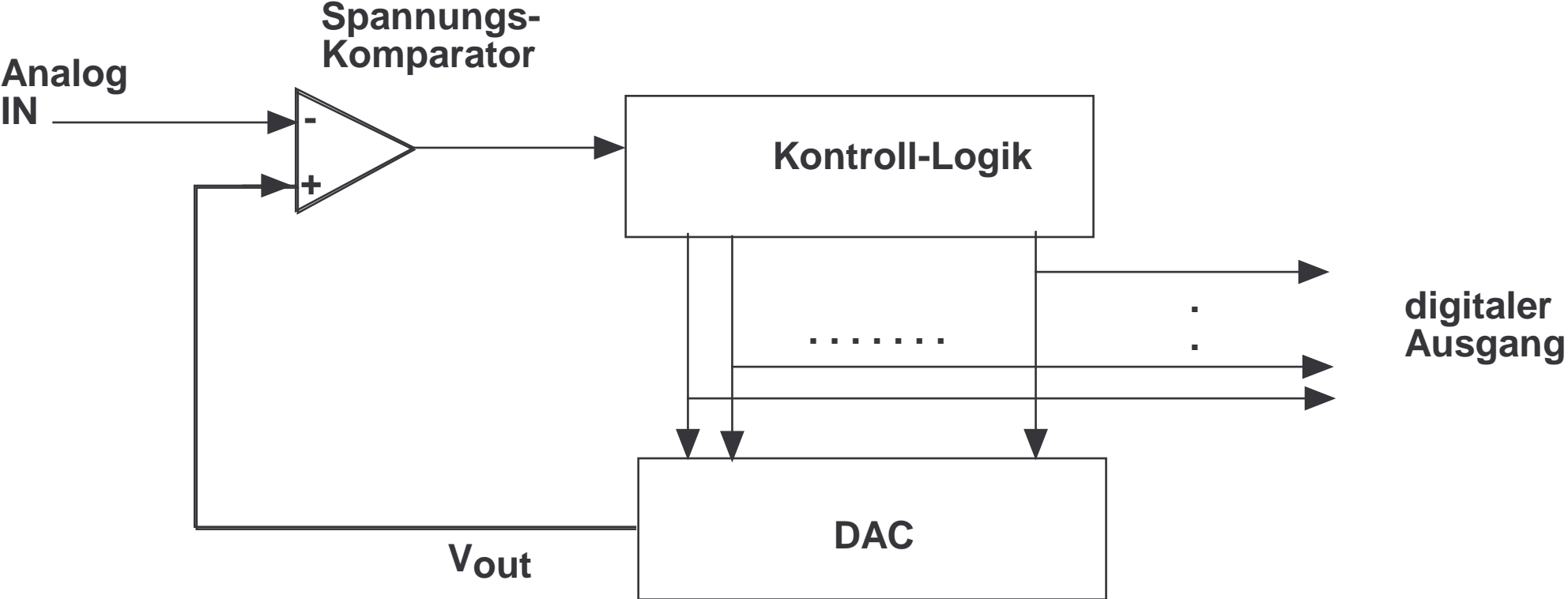


Kenngrößen:

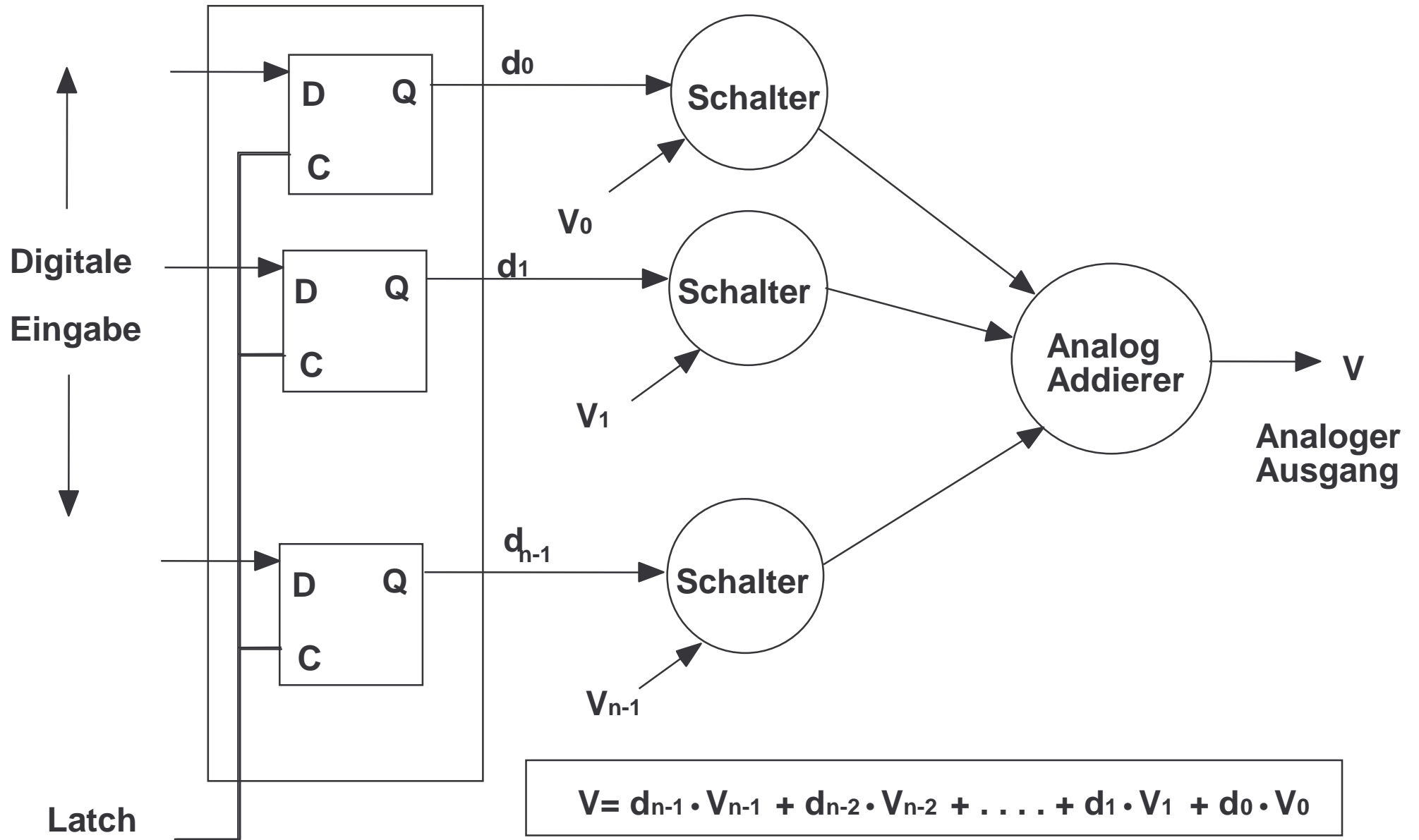
- **Auflösung (Resolution)**
- **Störabstand (Signal-to Noise-Ratio)**
- **Dynamikumfang (Dynamic Range)**



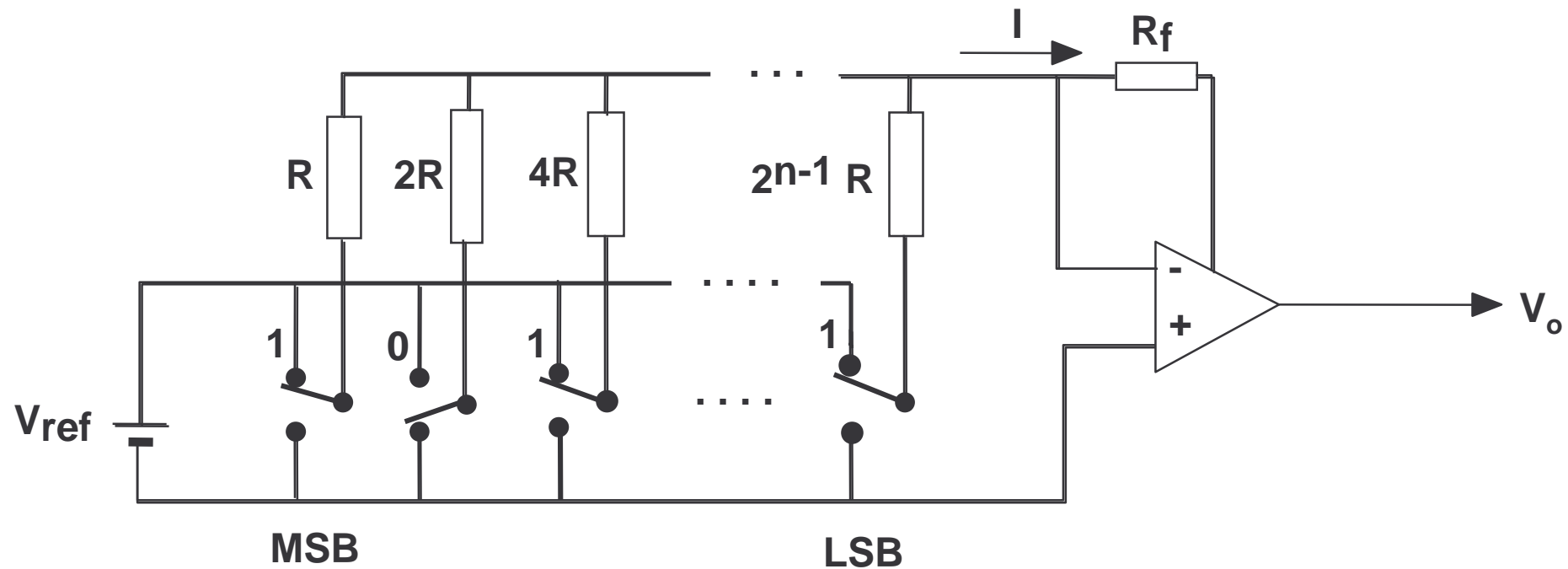
Prinzip des Analog/Digital-Wandlers



Prinzip des Digital/Analog-Wandlers



Prinzip des Digital/Analog-Wandlers

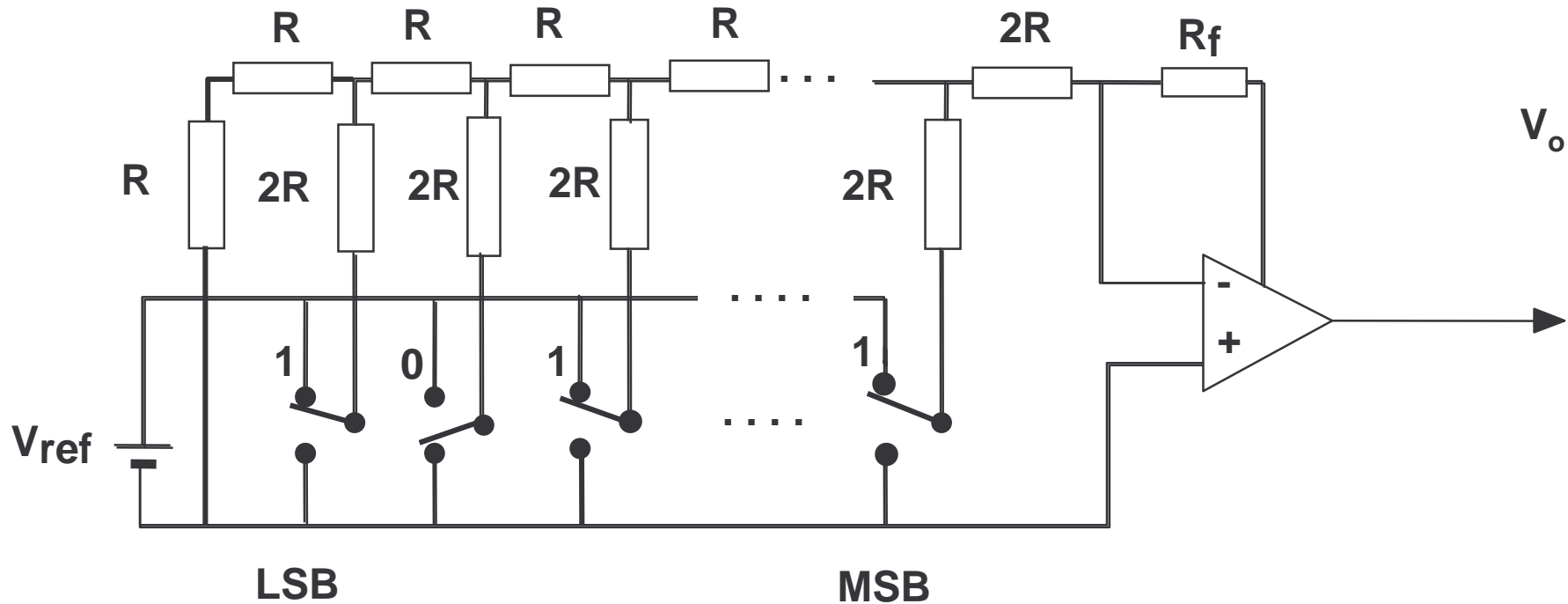


Strom durch einen Widerstand $2^i R$: $V_{ref} / (2^i R)$ für $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$

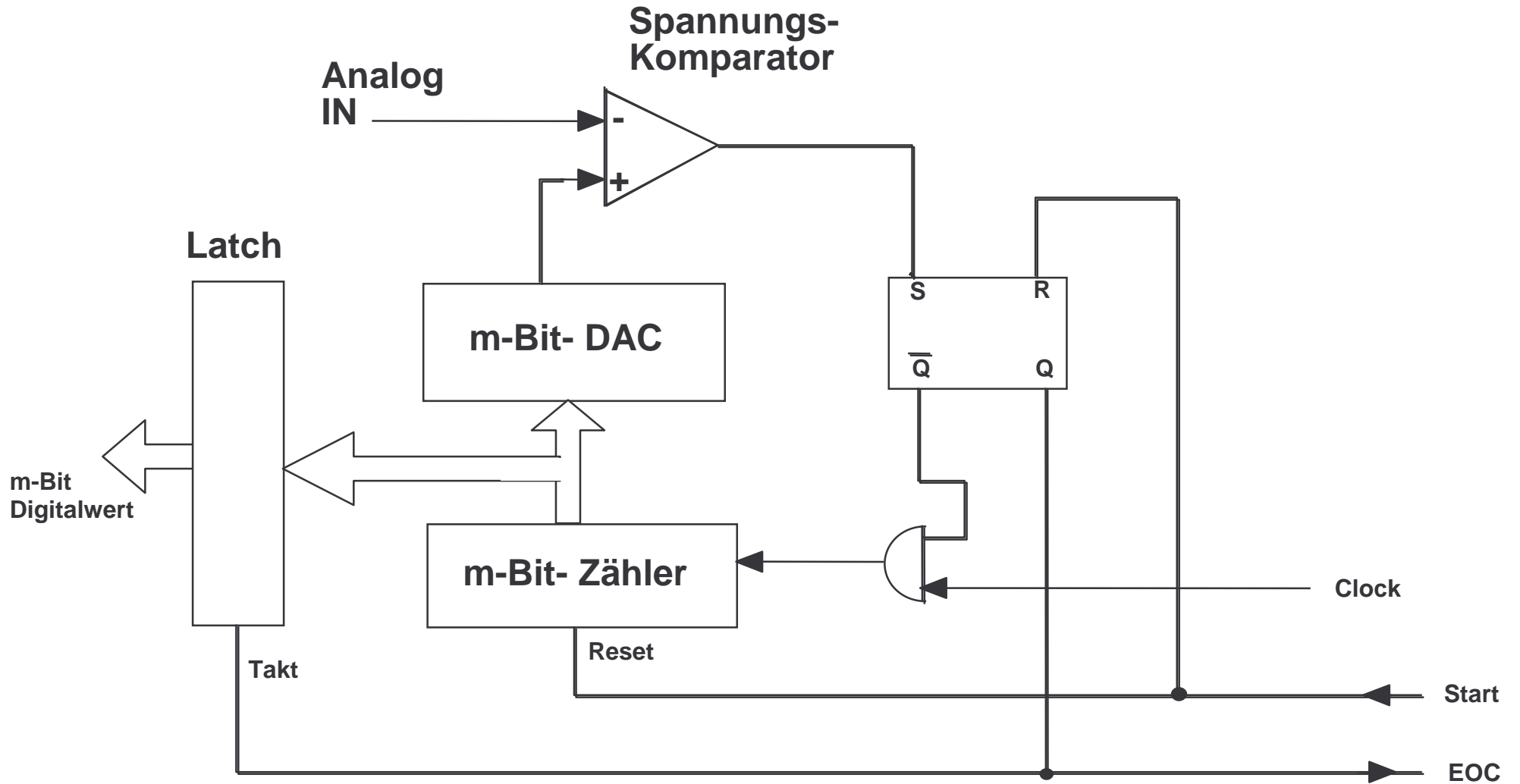
$$V_o \sim \frac{V_{ref}}{R \cdot [d_{n-1} \cdot 2^{-1} + d_{n-2} \cdot 2^{-2} + d_{n-3} \cdot 2^{-3} \cdot \dots + d_0 \cdot 2^{-n}]}$$

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

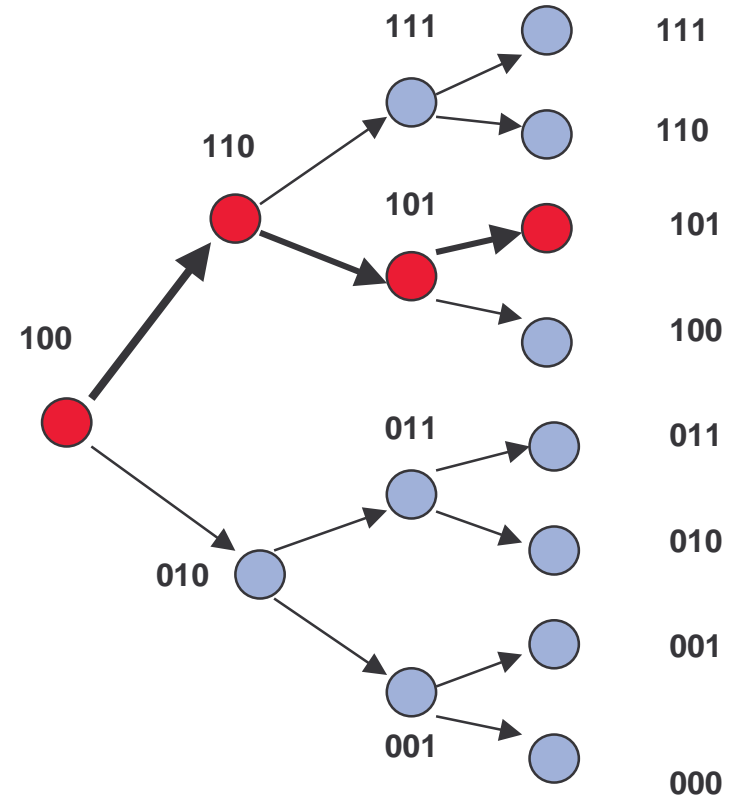
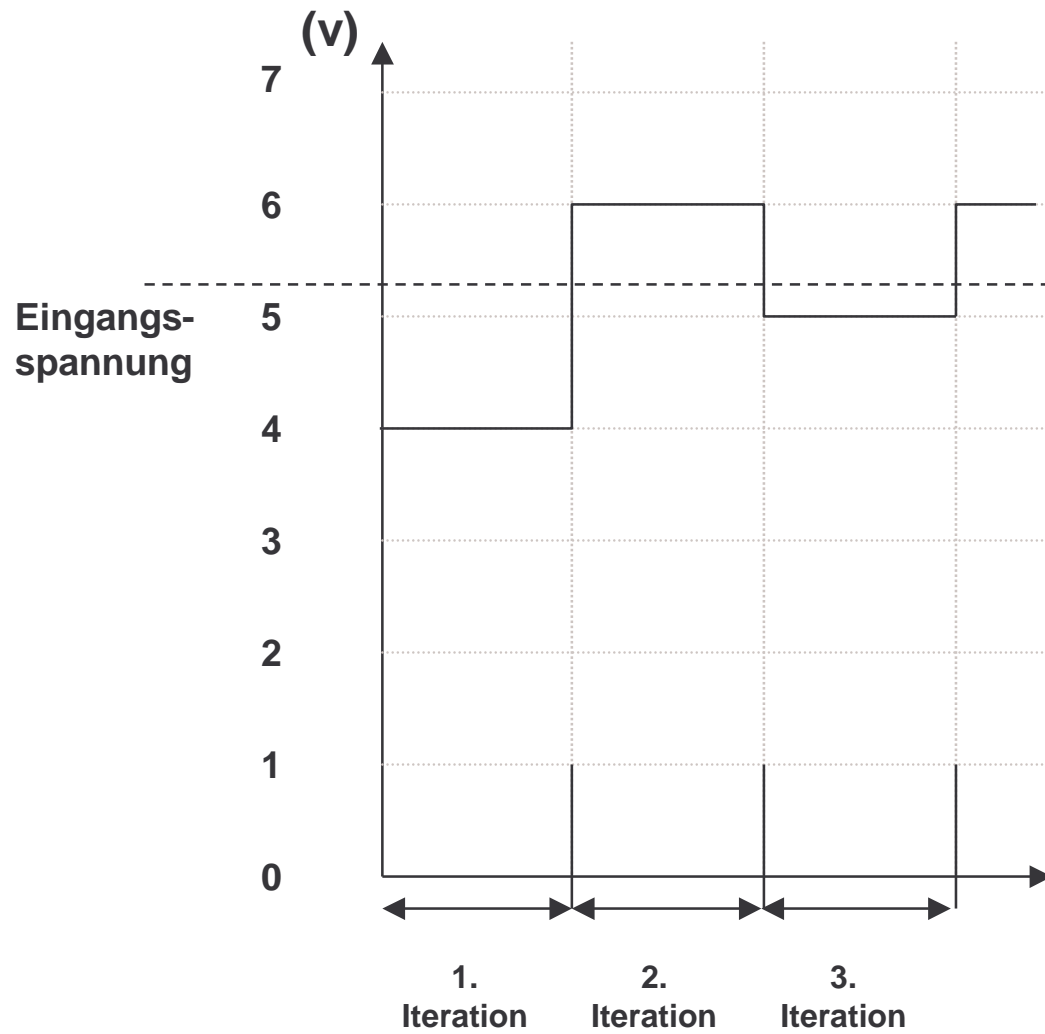
R-2R Widerstandsnetzwerk zur D/A Konvertierung



Prinzip des Zähler-Analog/Digital-Wandlers

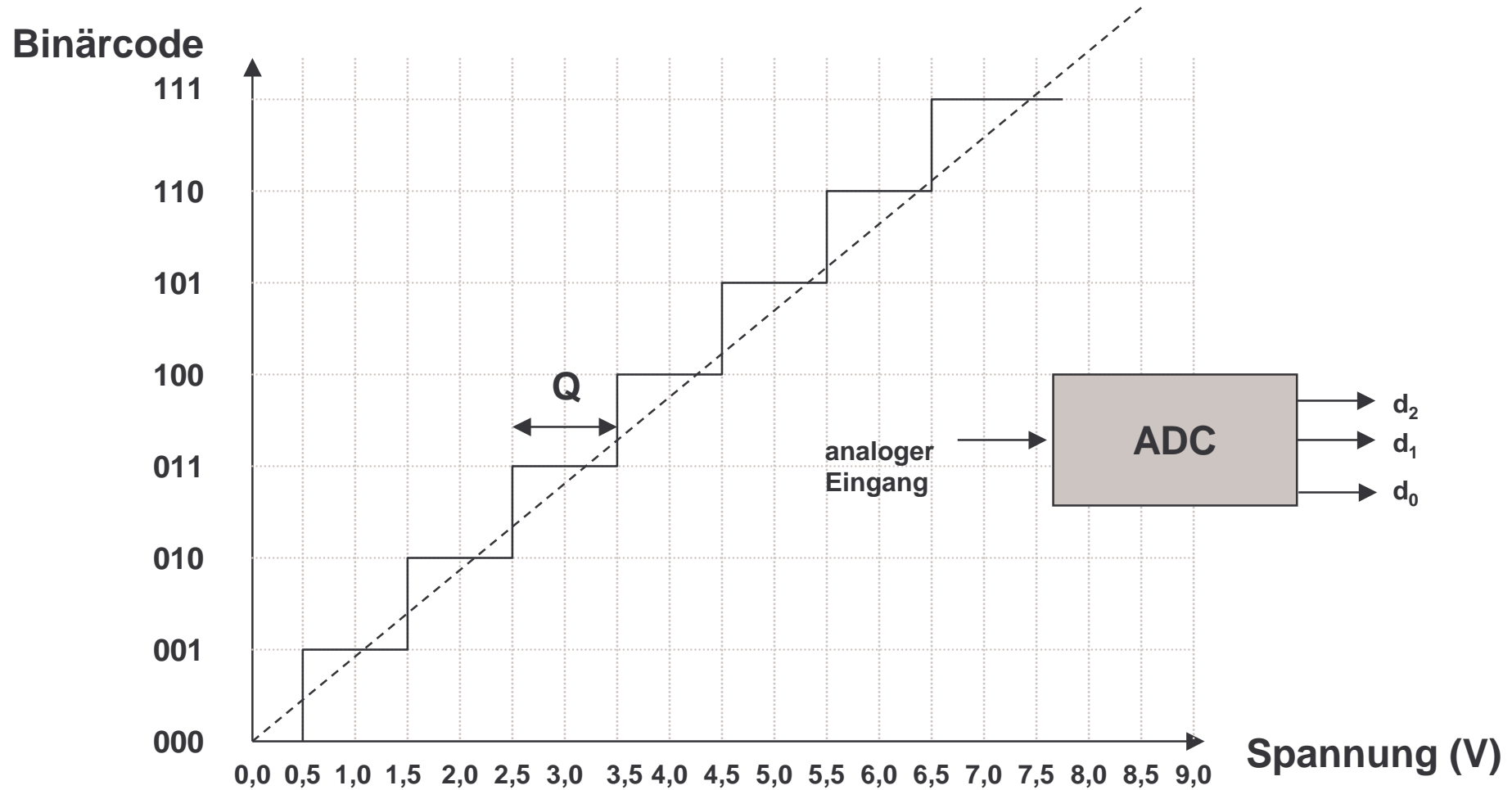


Binäre Näherung (Successive Approximation)

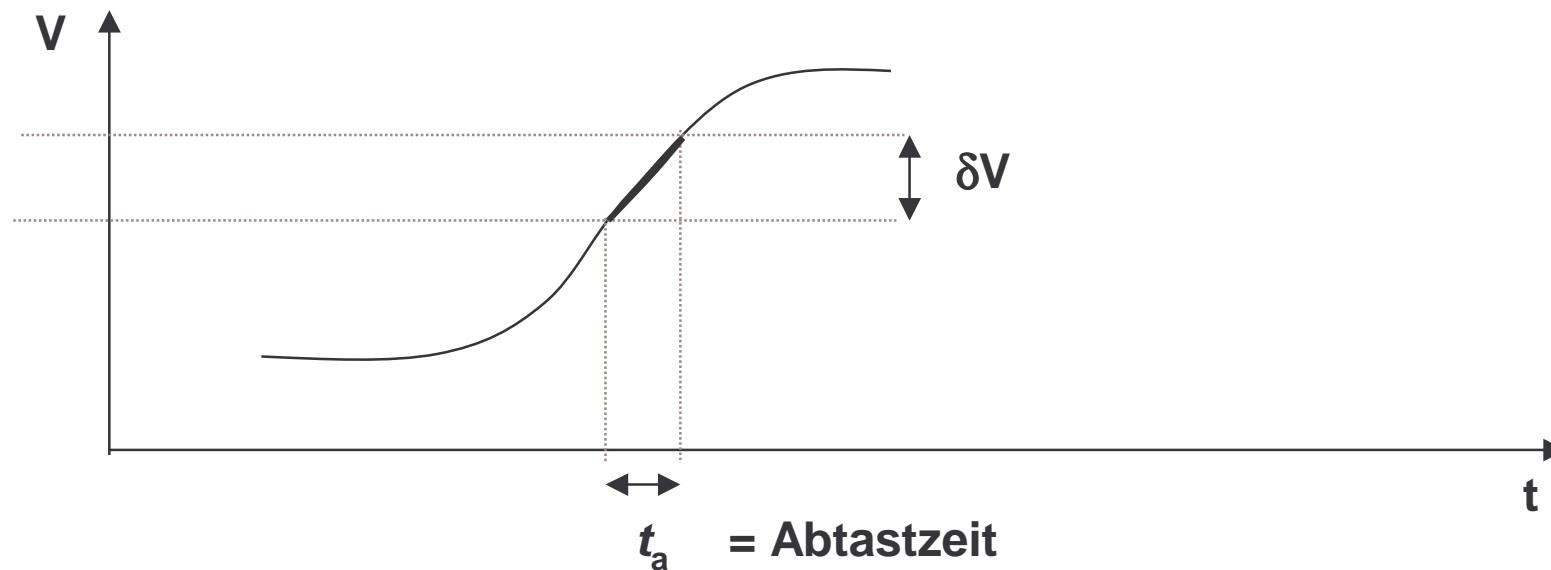


Wandlung analoger Grössen in eine digitale Repräsentation

Die Transferfunktion eines idealen 3-Bit ADC



Der Effekt der Wandlungszeitzeit auf die Genauigkeit

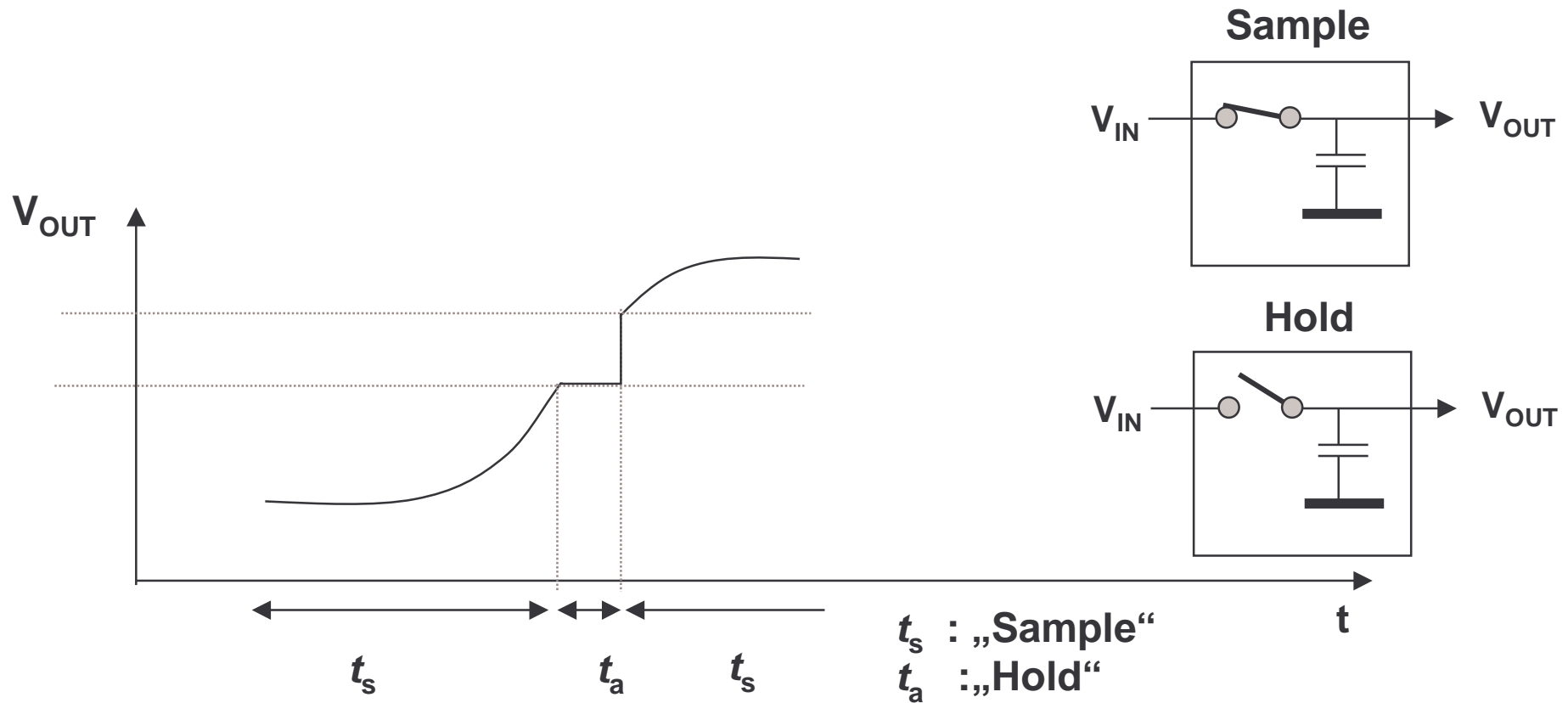


Eingabewert sollte während der Wandlungszeit konstant sein.



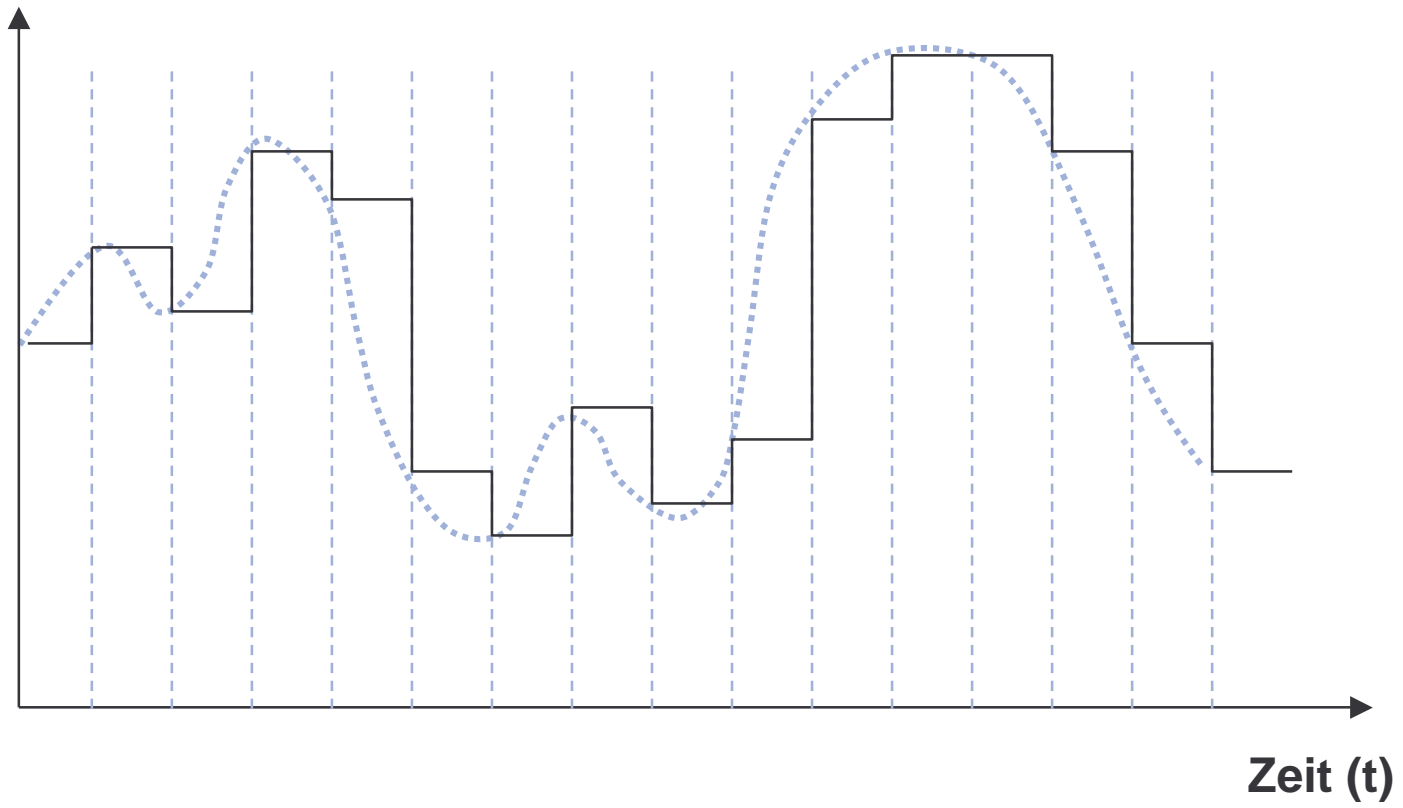
Sample and Hold- Komponente

Prinzip der Sample & Hold Komponente

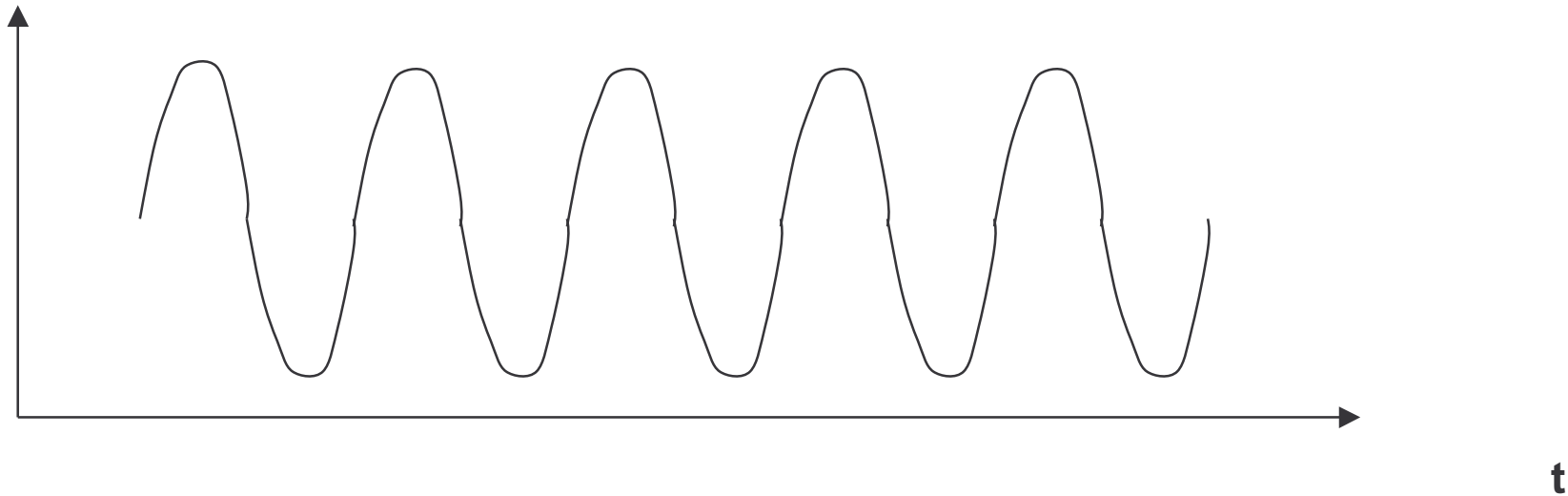


Während der Zeit der DA-Wandlung gilt: $\delta V = 0$

Wert
(v)



Abtasten eines analogen Signals

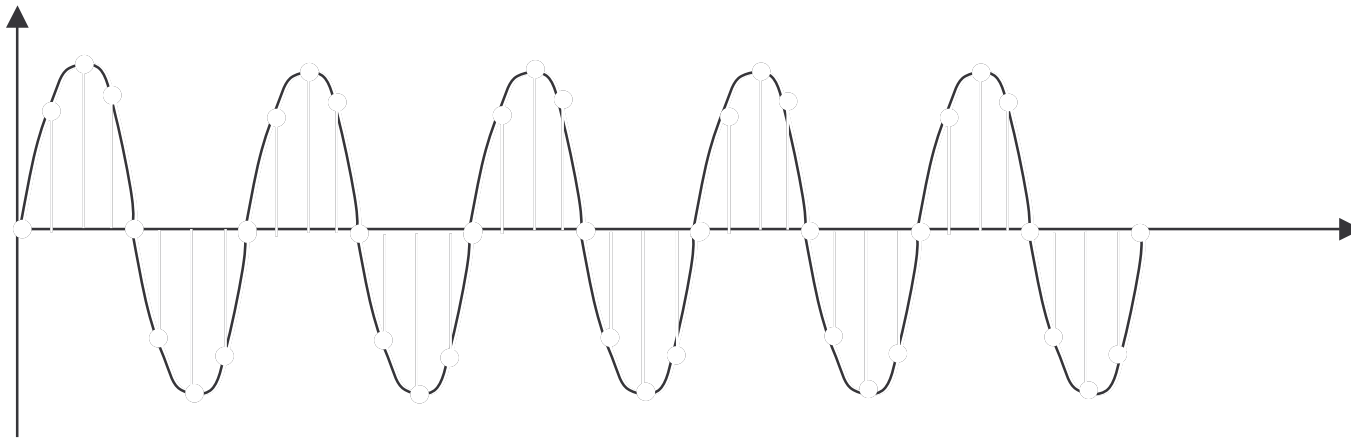


Frage: Wieviele Punkte des Kurvenverlaufs muss man kennen, um die Kurve fehlerfrei rekonstruieren zu können ??

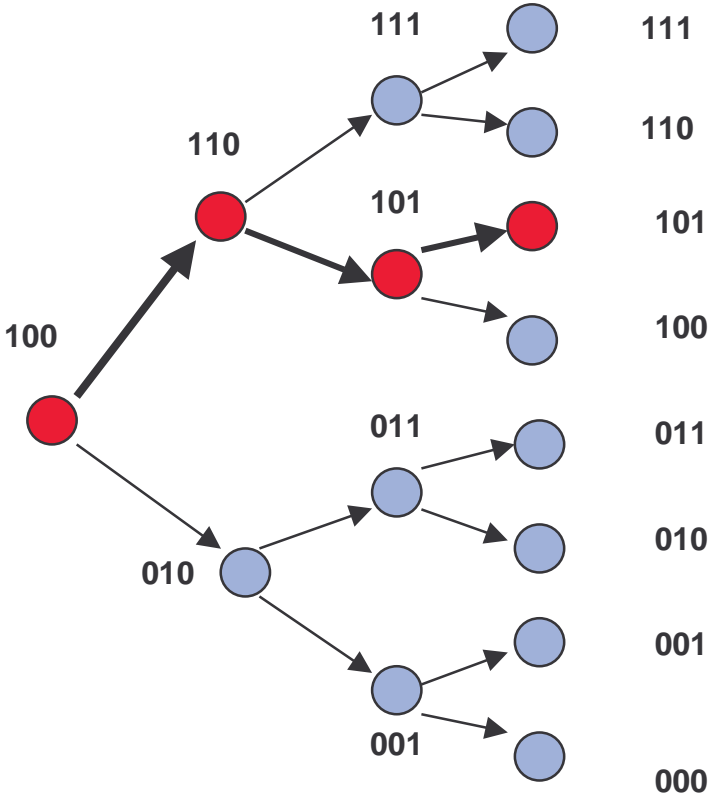
Abtasttheorem:

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



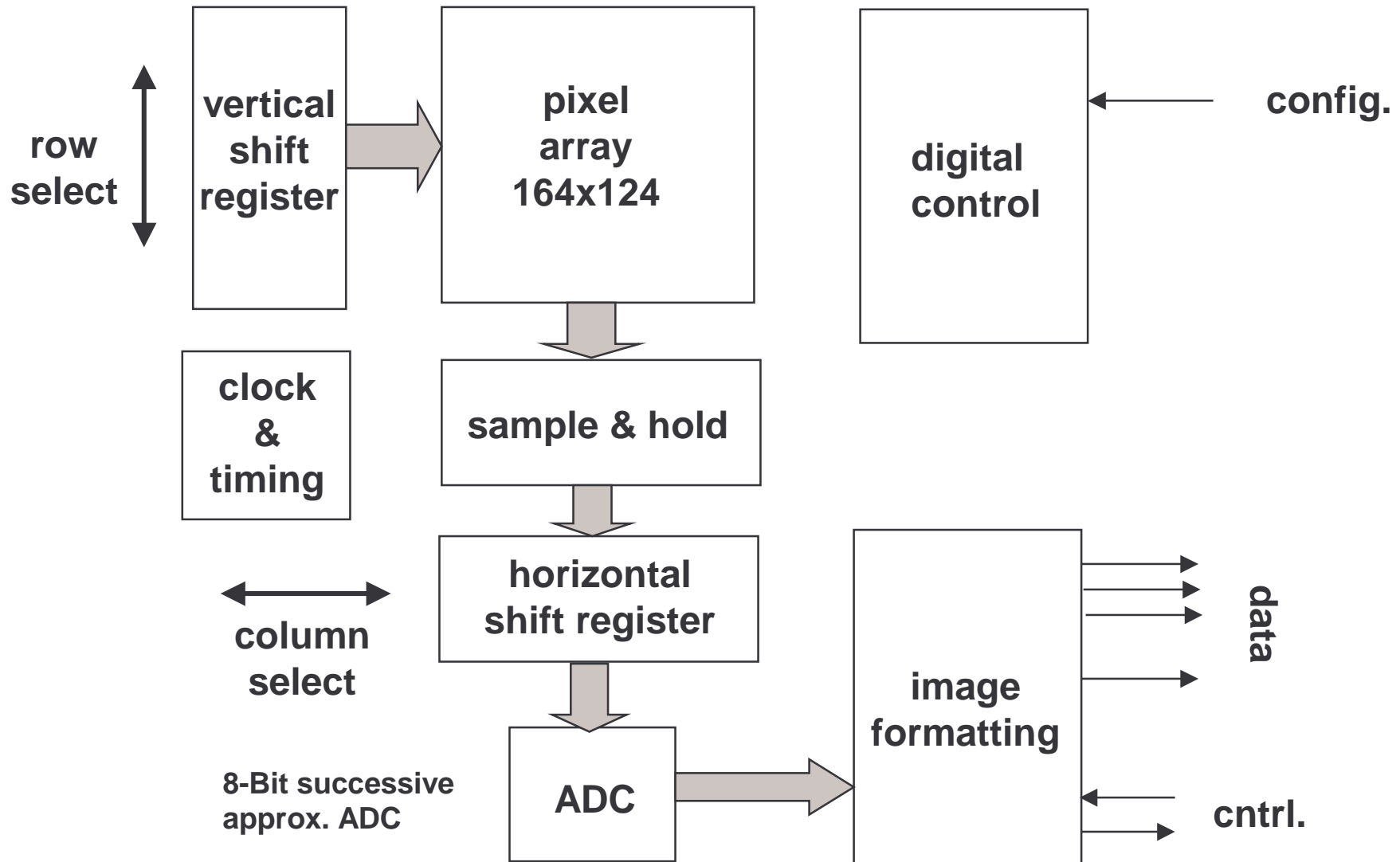
Anforderungen:

- 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 μ S	1/100
40000/Sekunde	100 μ S	1/100.000
610080/Sekunde	1 μ S	1/100-1/1000
23592960/Sekunde	0,01 μ 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. Q	Störabstand (dB)	Dynamikumfang (dB)
3	8	0,125	1,25 V	29,4	18,6
4	16	0.0625	0.625 V	34.9	24.1
6	64	0.0156	0.156 V	46.9	36.1
8	256	0.00391	39.1 mV	58.1	48.2
10	1024	0.000977	9.76 mV	71.0	60.2
12	4096	0.000244	2.44 mV	83.0	72.2
14	16384	0.0000610	610 μ V	95.1	84.3
16	65536	0.0000153	153 μ V	107.1	96.3

Die Programmier-Schnittstelle zum Digital/Analog-Wandler

Fallstudien:

Hitachi H8/300

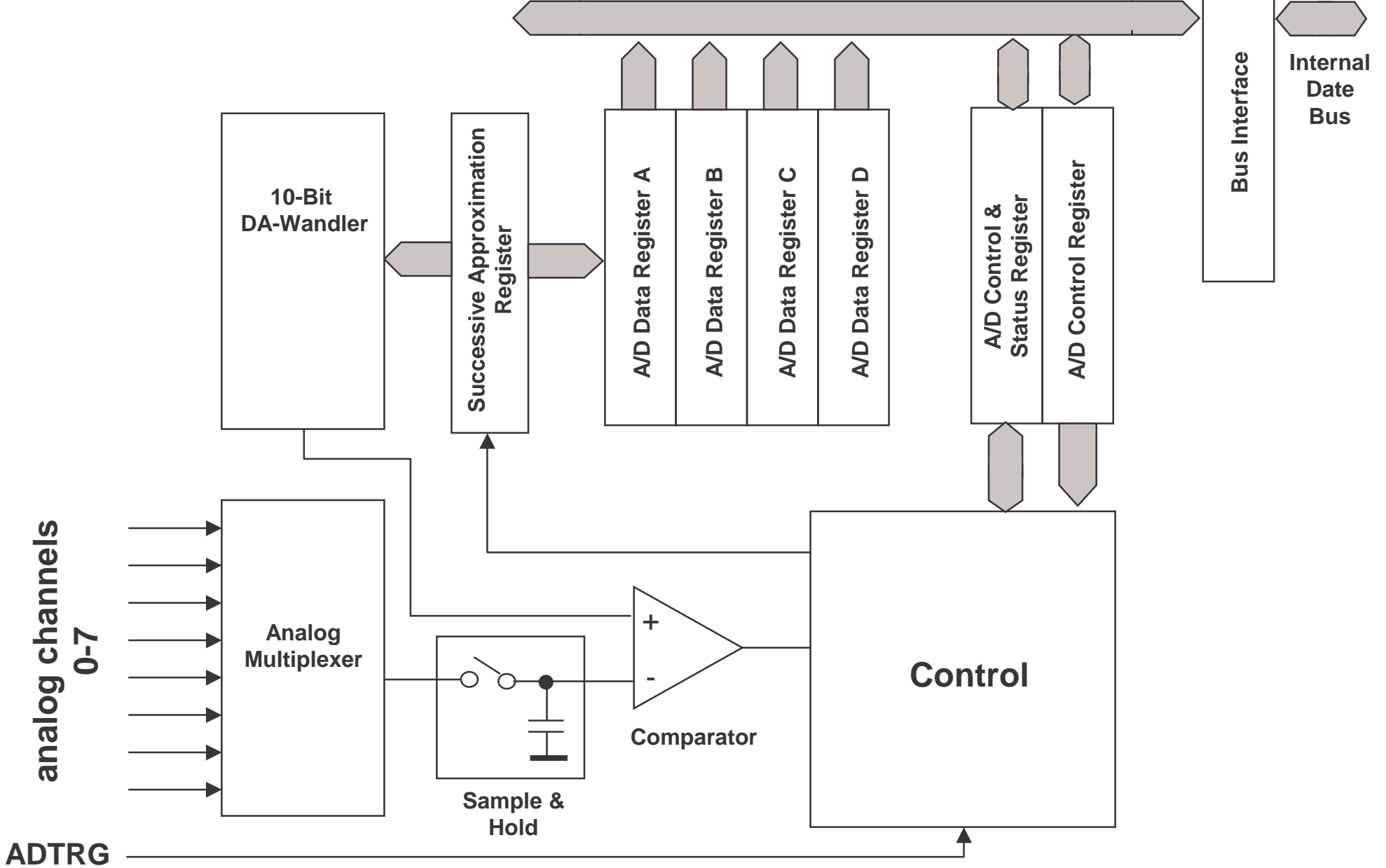
Siemens C167

Motorola 683xx

Hitachi H8/300

Hitachi H8/300 CPU

Module Data Bus



Steuerung des ADC

ADF	ADIE	ADST	SCAN	CKS	CH2	CH1	CH0	ADCSR
-----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-------

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: CH0:	selektiert den analogen Kanal	
} Conversion Channel Select		

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.

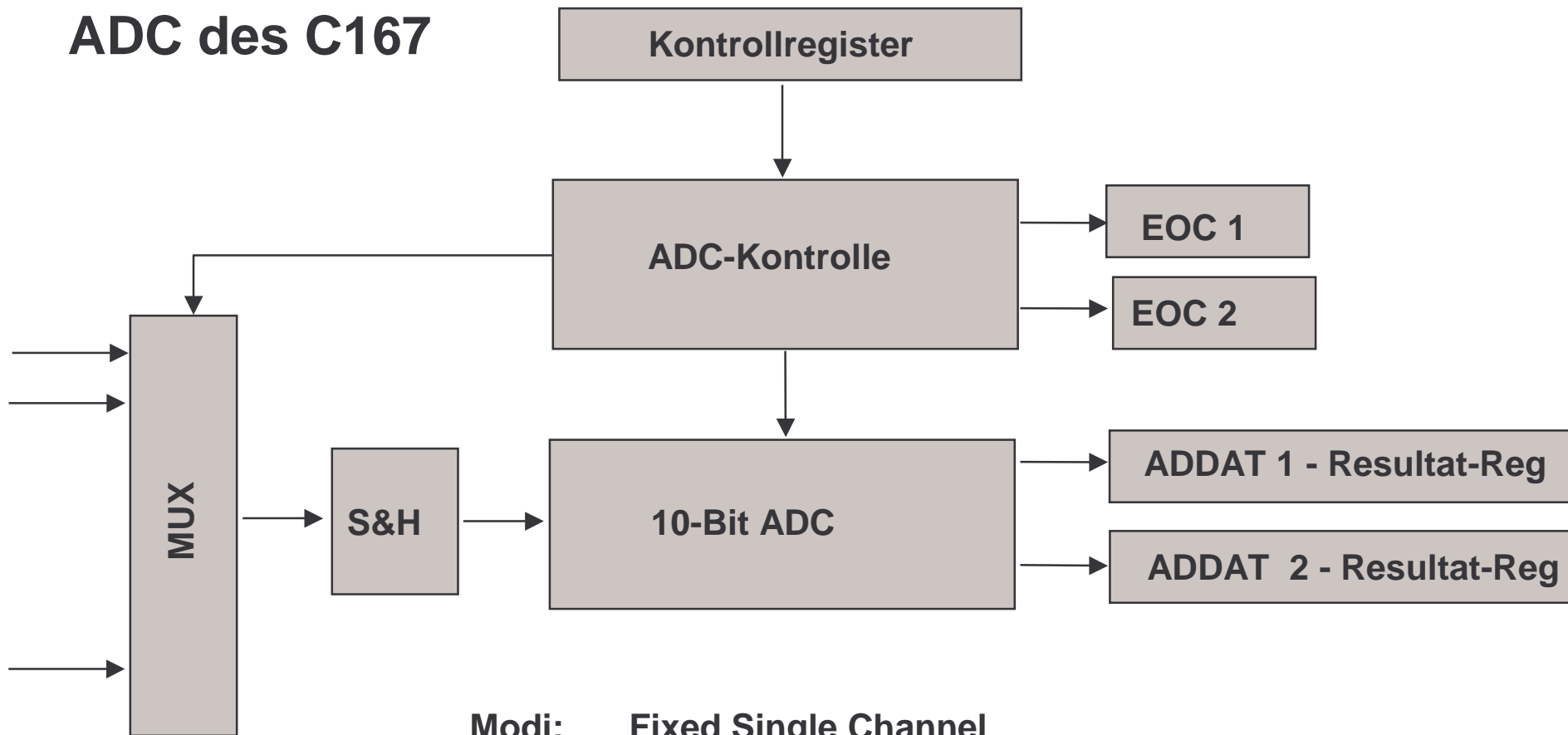
Scan Mode: die Bits Ch2, CH1, Ch0 des ADSCR spezifizieren Gruppen analoger Eingabekanäle. Sie werden zyklisch abgetastet.

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

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

	2	2	1	1	1	1	1	1	2	4
ADCTC	ADSTC	AD CRQ	AD CIN	AD WR	AD BSY	ADST	-	ADM	ADCH	

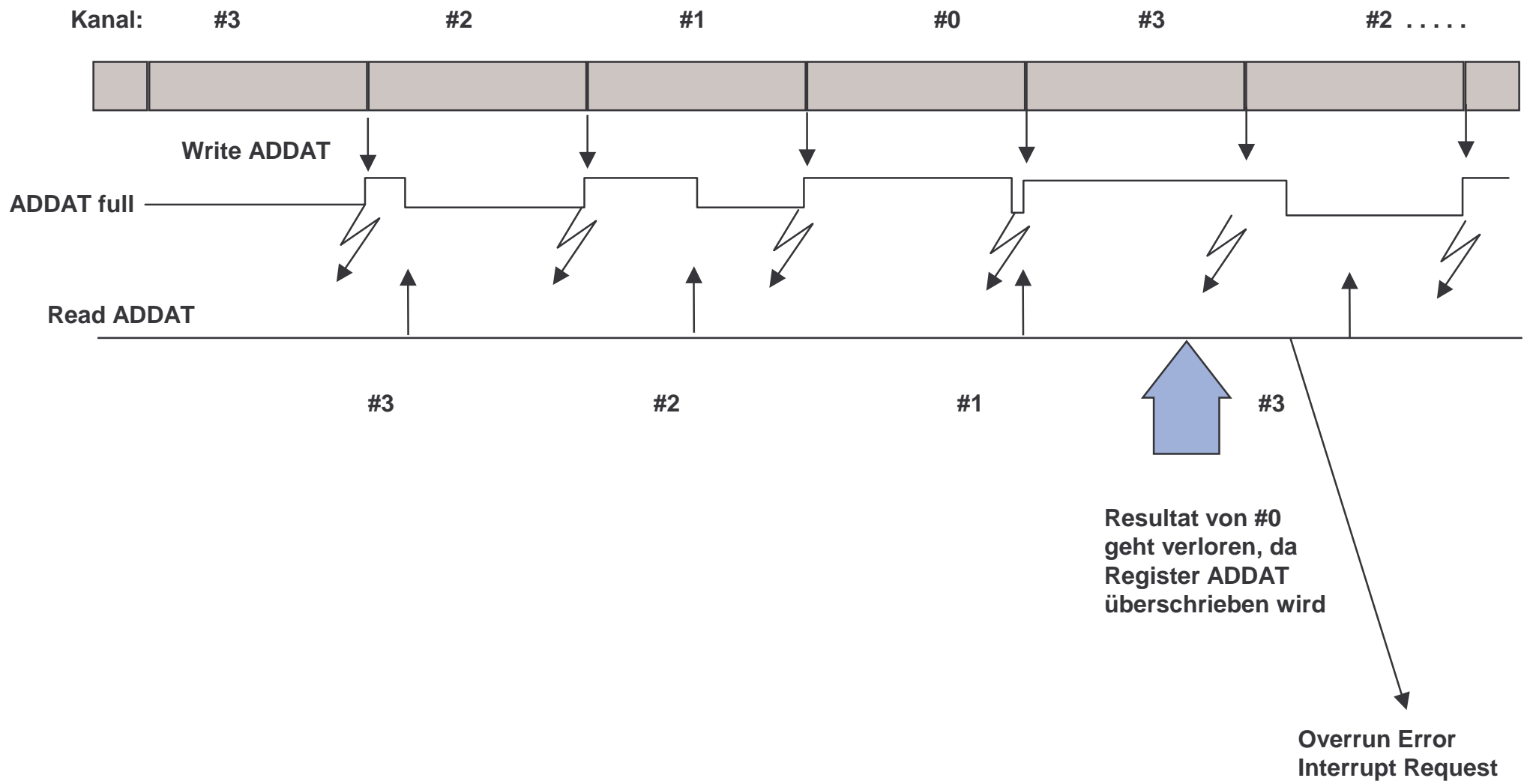
- ADCH :** Analog Kanal (1 aus 16) bei kontinuierlicher AD-Wandlung wird dieser Wert sukzessive bis 0 dekrementiert
- ADM :** Modus
- 00 Fixd Channel Single Conversion
 - 01 Fixed Channel Continuous Conversion
 - 10 Auto Scan Single Conversion
 - 11 Auto Scan Continuous Conversion
- ADST :** ADC Start Bit
- ADBSY:** ADC Busy
- ADWR :** ADC Wait for Read Control (wird im Channel Injection Modus benötigt)
- ADCIN :** ADC Channel Injection Enable
- ADCRQ:** ADC Channel Injection Request Flag
- ADSTC:** ADC Sample Time Control
- ADCTC:** ADC Conversion Time Control

ADDAT

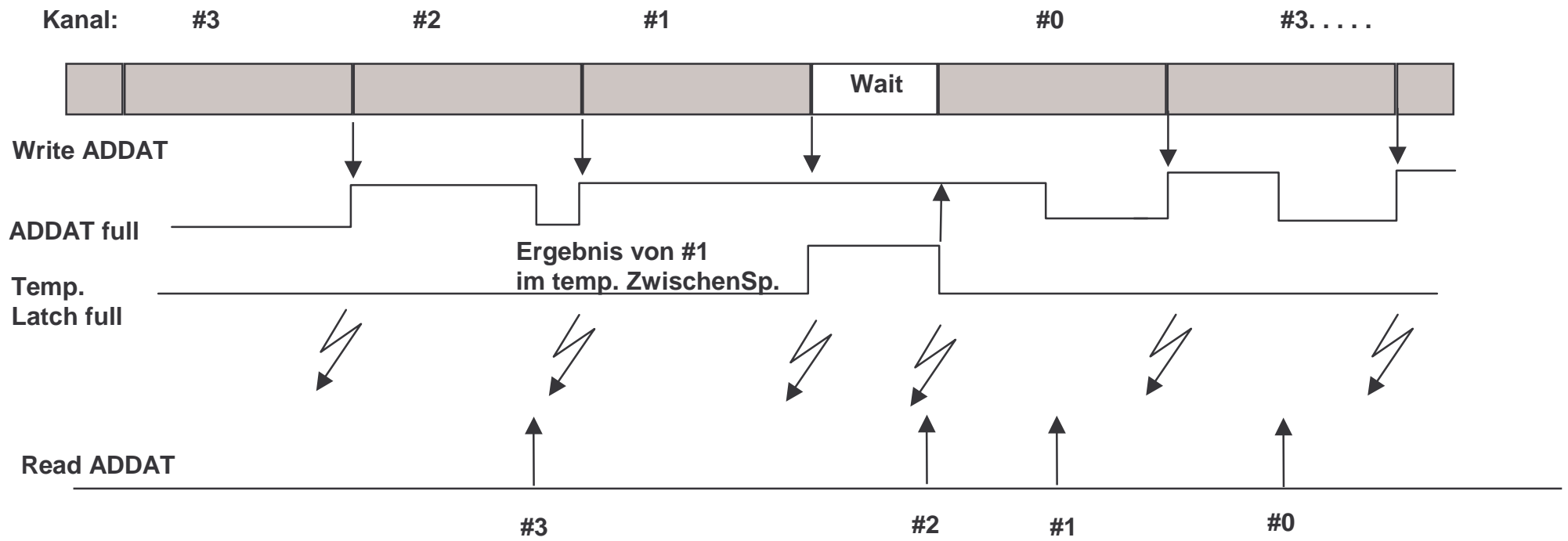
	4	1	1							10
CHNR				ADRES						

- CHNR :** Channel Number
- ADRES:** ADC Result

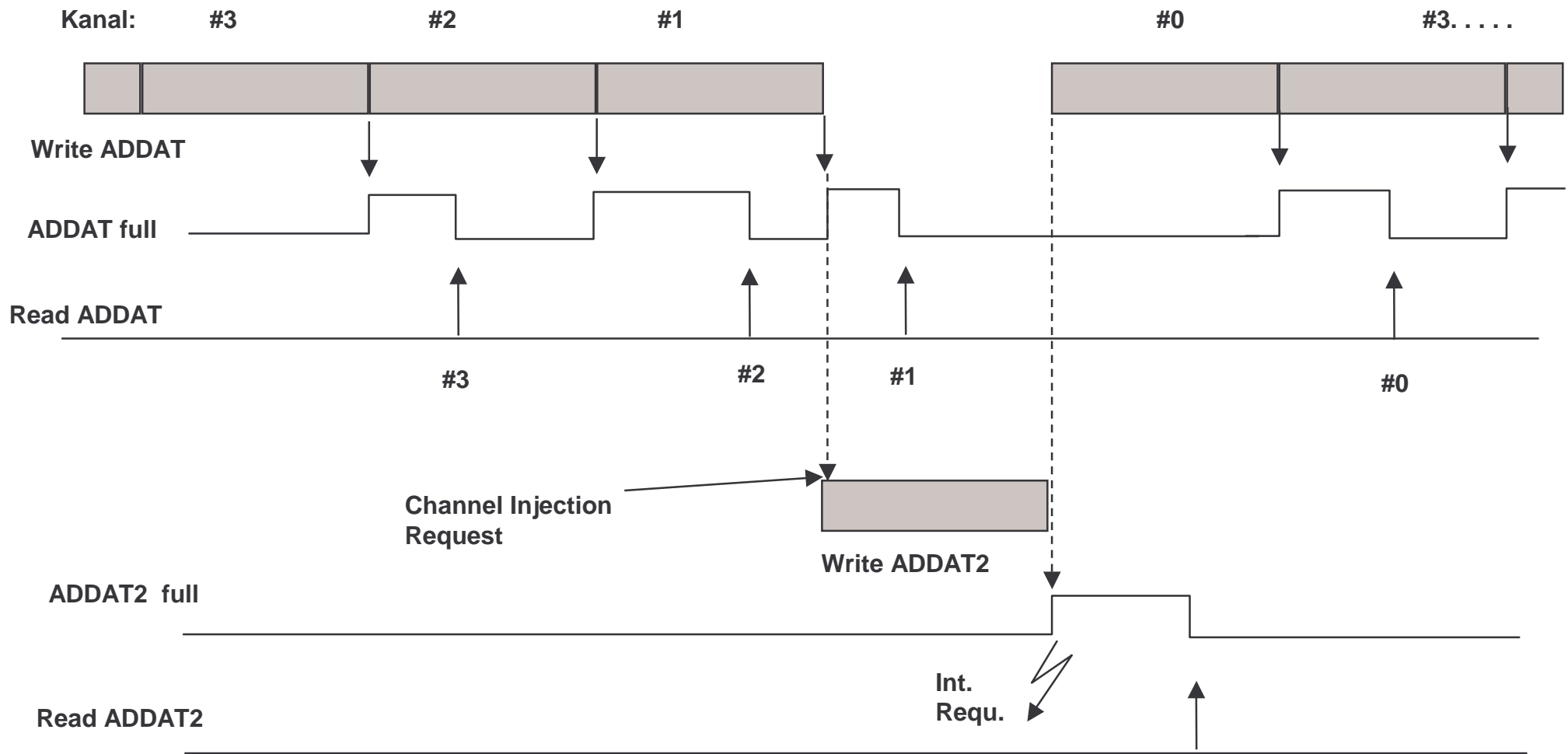
Timing einer AD-Wandlung



Timing einer AD-Wandlung mit Warteoption



Timing einer AD-Wandlung mit "Channel Injection"

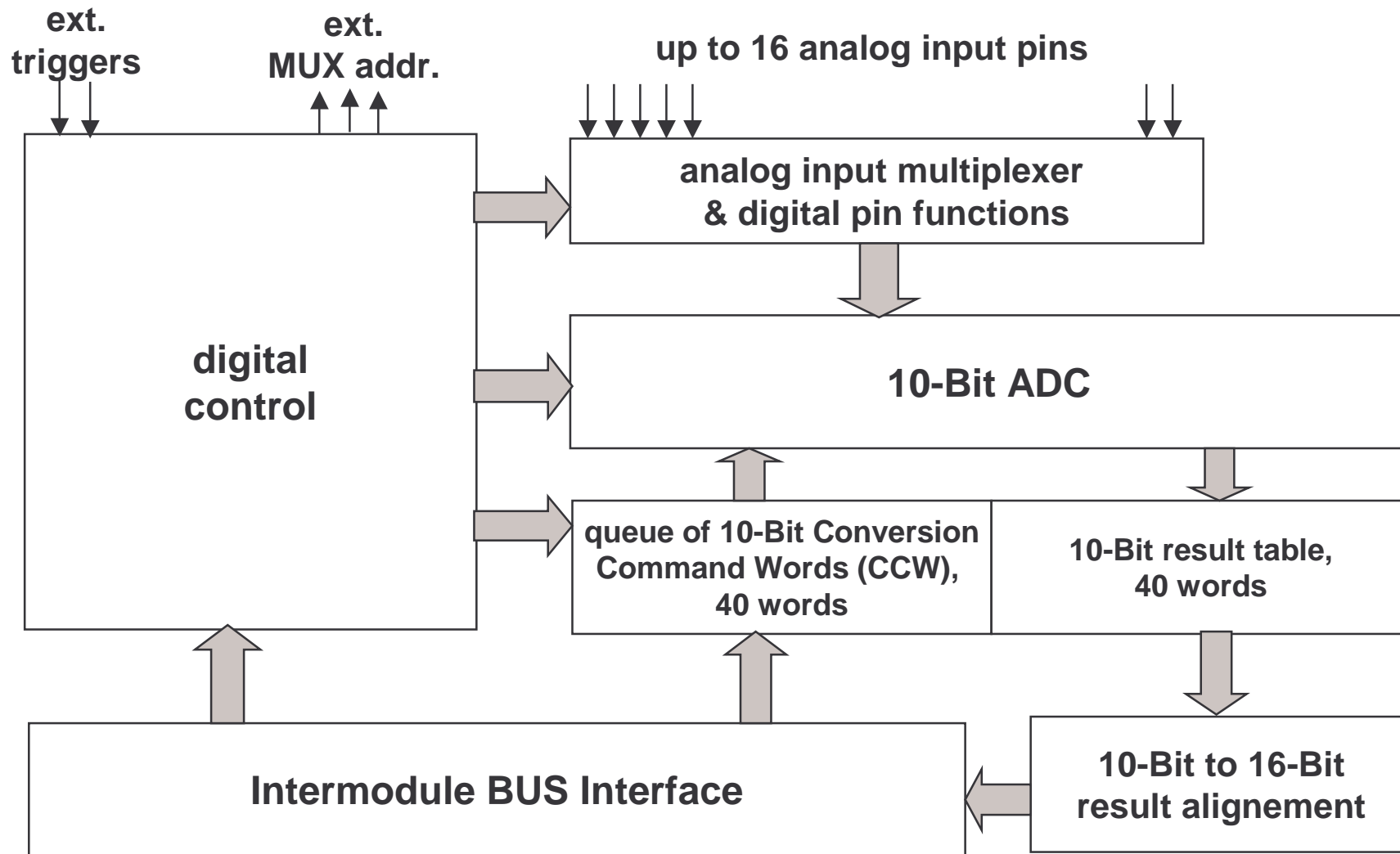


Motorola 683xx Familie

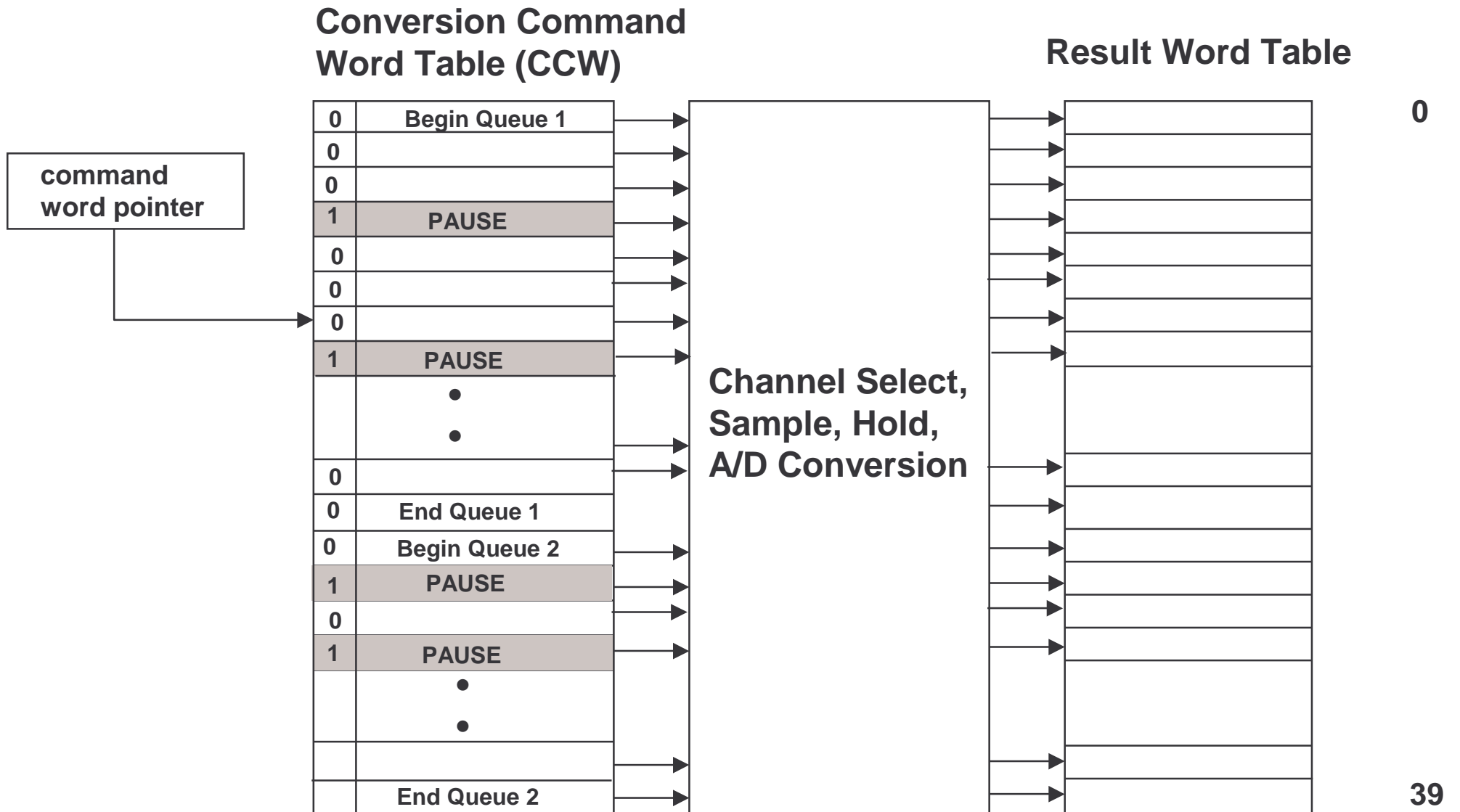
QADC

Queued Analog-to-Digital Converter

QADC: Queued Analog-to Digital Converter



QADC: Queue Structure



**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.

P	BYP	IST	CHAN
----------	------------	------------	-------------

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“**

Operating Modes

Trigger:

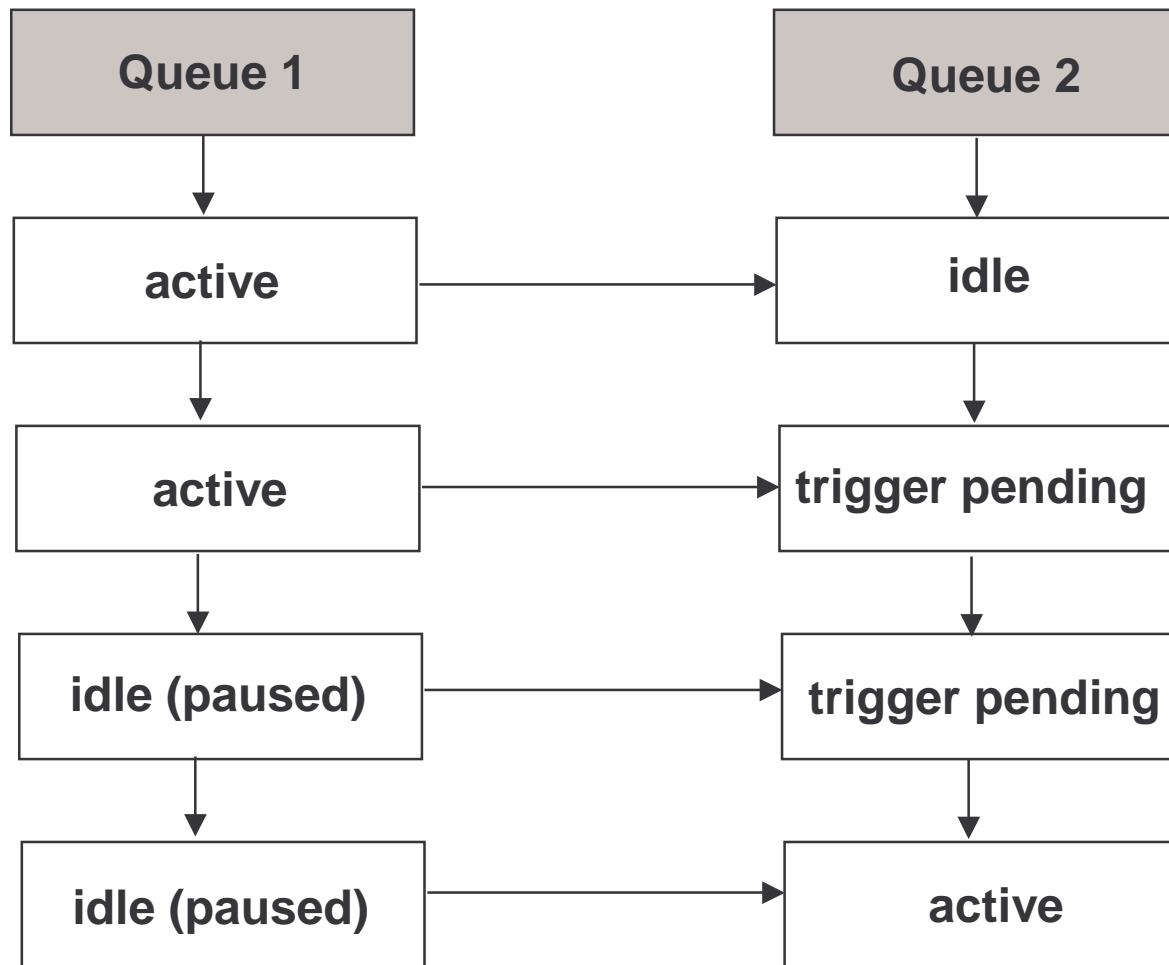
- Software (internal)
- External Event
- Timer

Mode:

- Single Scan
- Continuous Scan

All combinations possible !

Queue Status Transition



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 Eingableitungen 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

