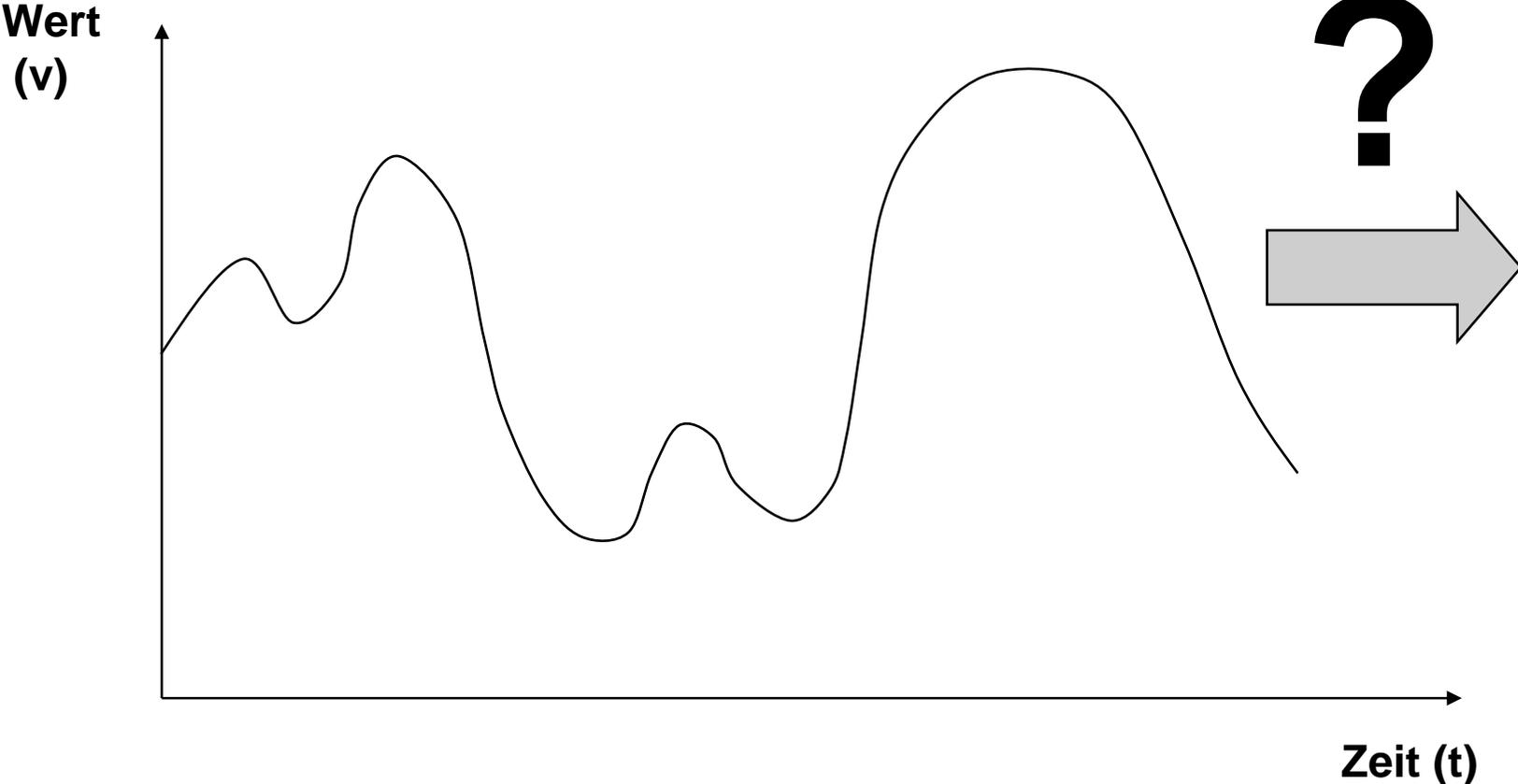


Die analoge Schnittstelle

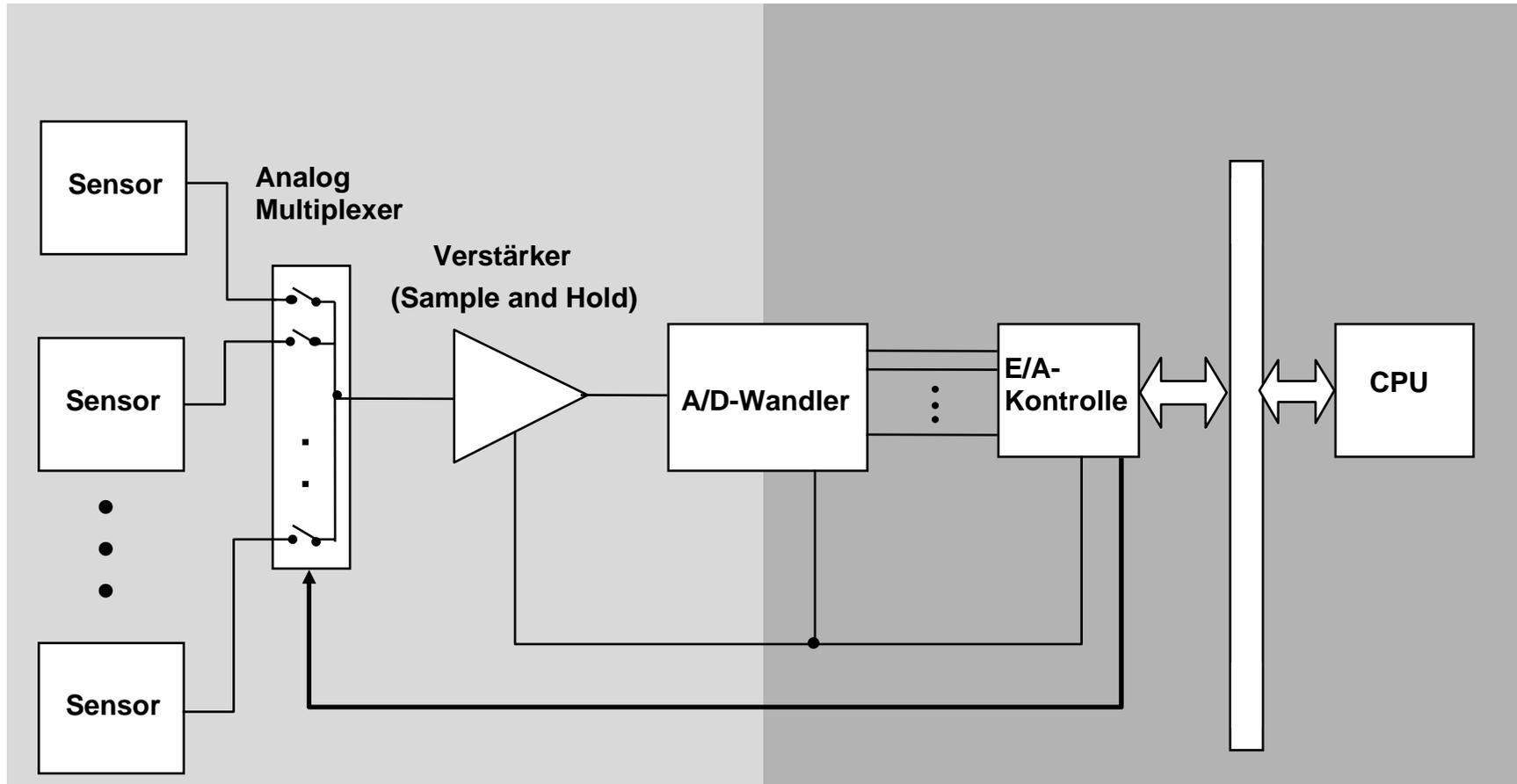
Aufgabe: Abtasten und Wandeln eines analogen Signals in eine digitale, binäre Repräsentation



00100110
00101101
00101110
.....
.....
.....

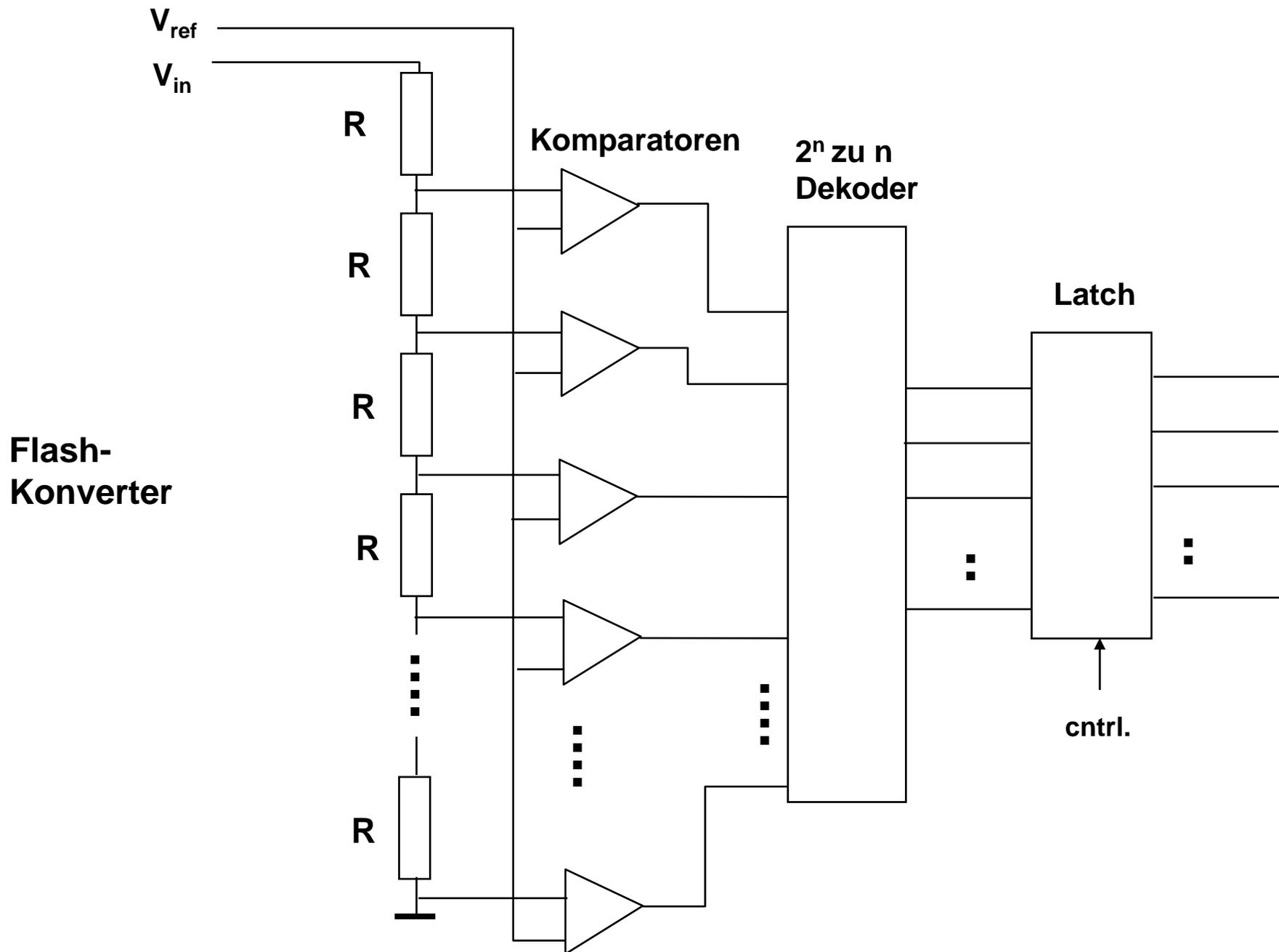
ANALOG

DIGITAL

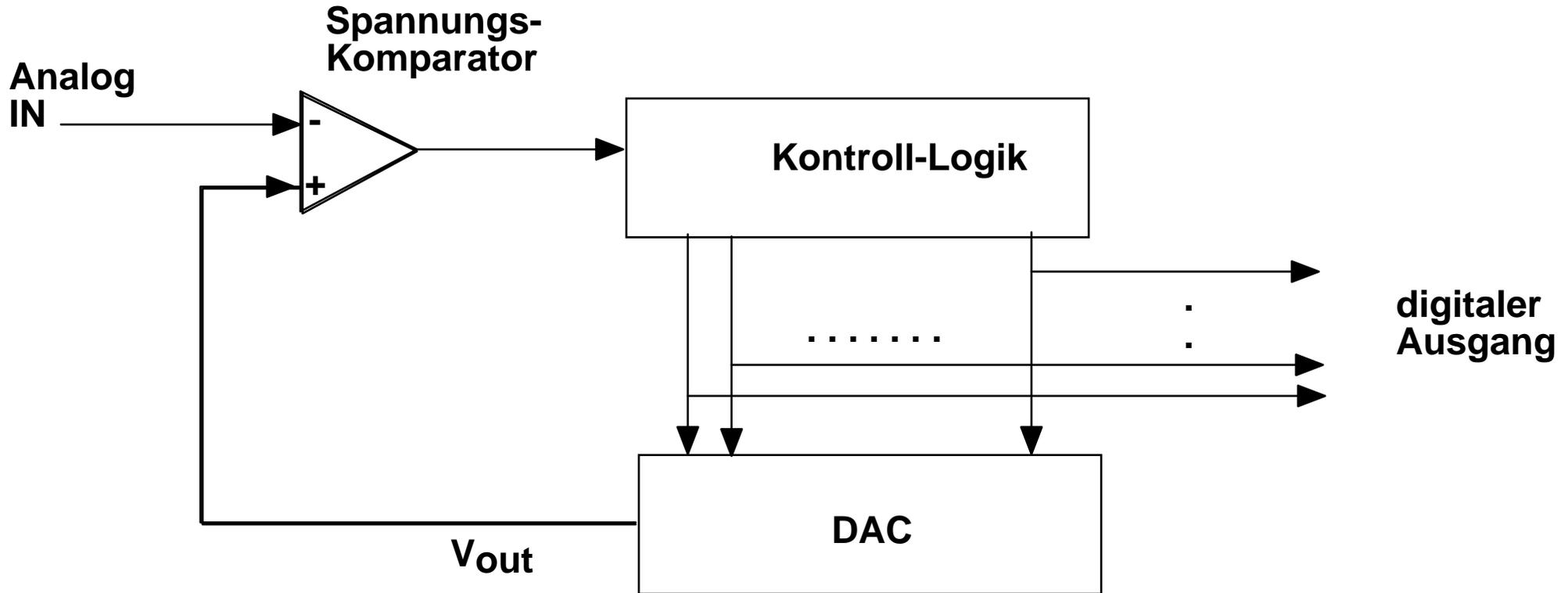


Kenngrößen:

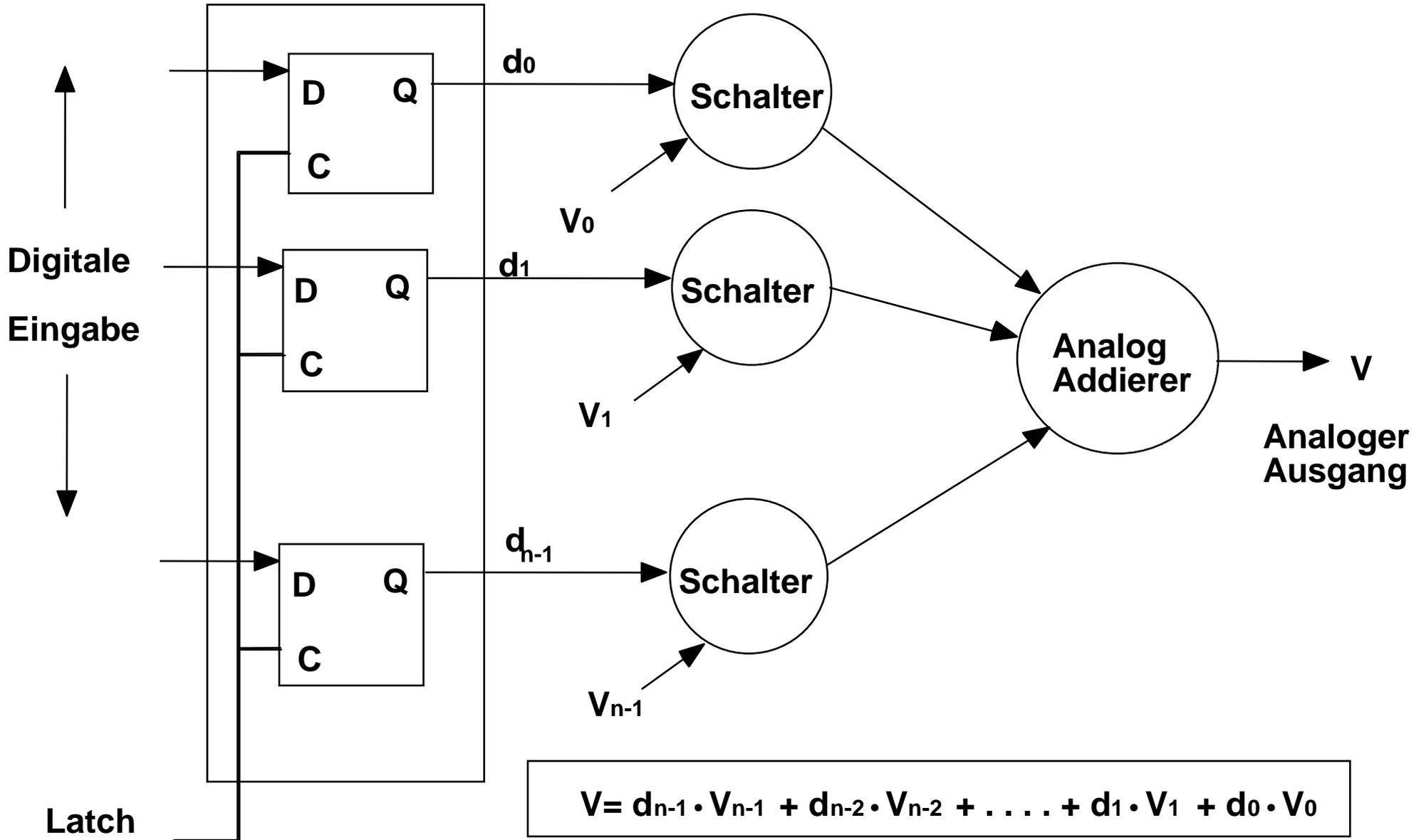
- **Auflösung (Resolution)**
- **Störabstand (Signal-to Noise-Ratio)**
- **Dynamikumfang (Dynamic Range)**



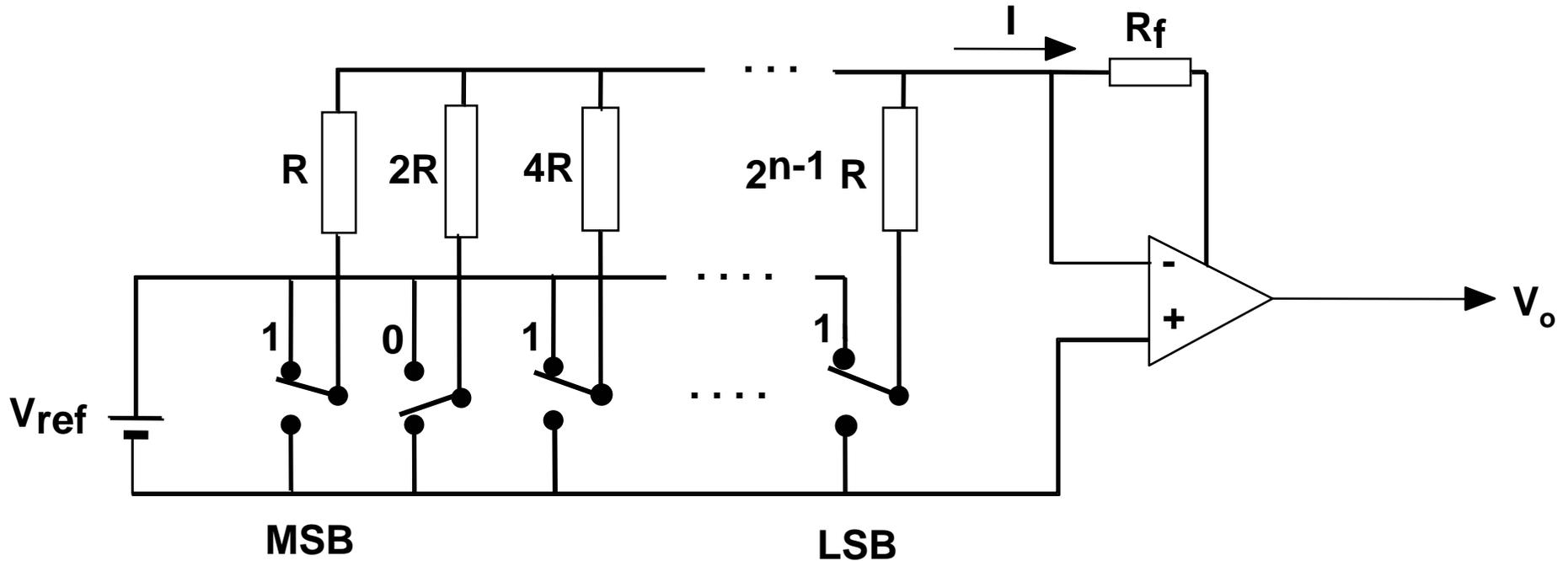
Prinzip des Analog/Digital-Wandlers



Prinzip des Digital/Analog-Wandlers



Prinzip des Digital/Analog-Wandlers

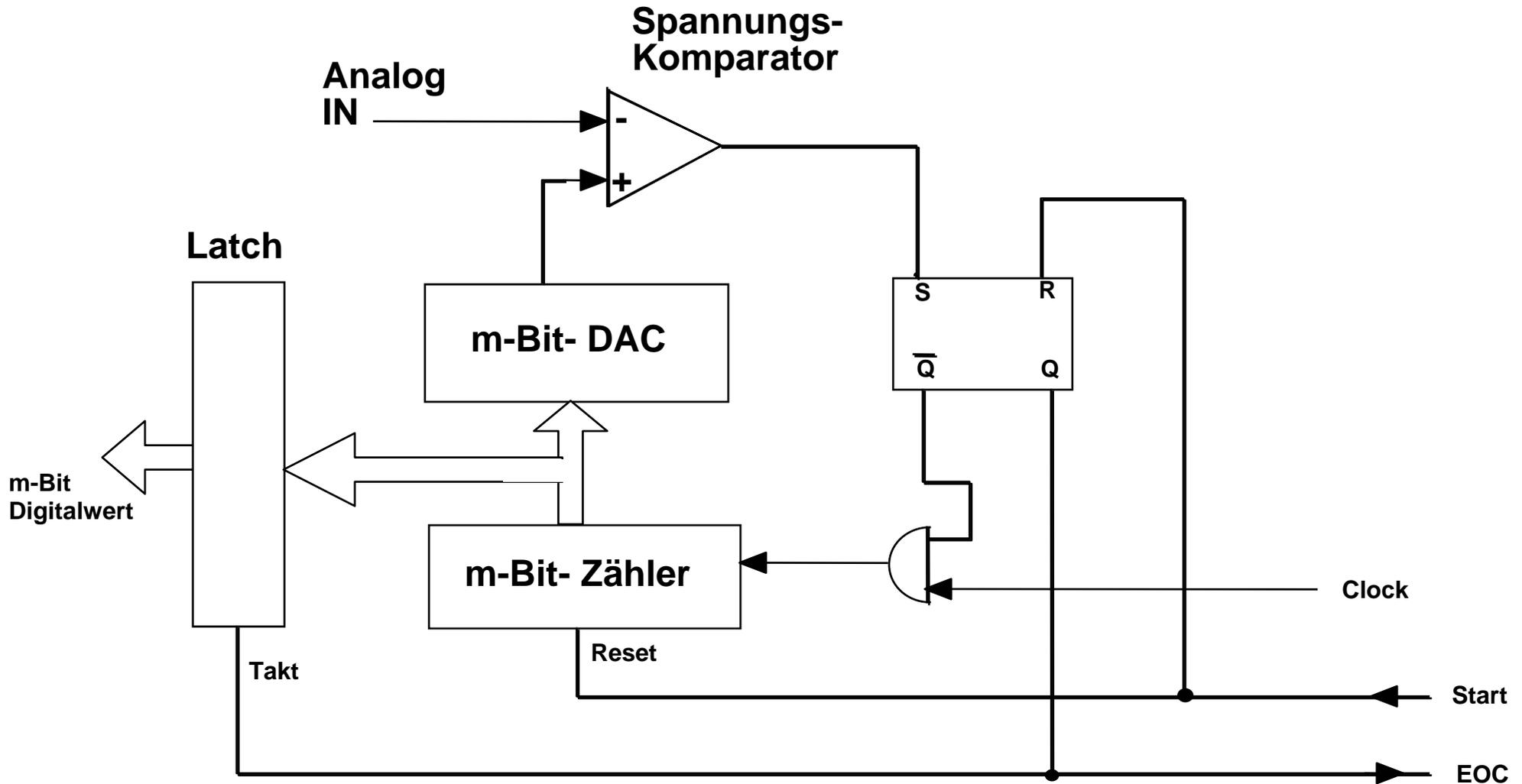


Strom durch einen Widerstand $2^i R$: $V_{ref} / (2^i R)$ für $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$

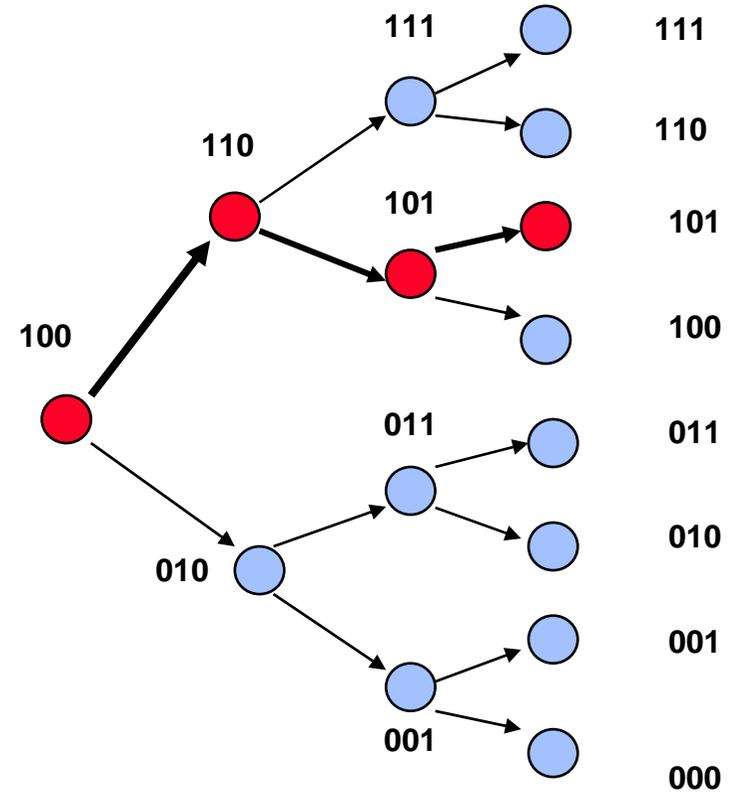
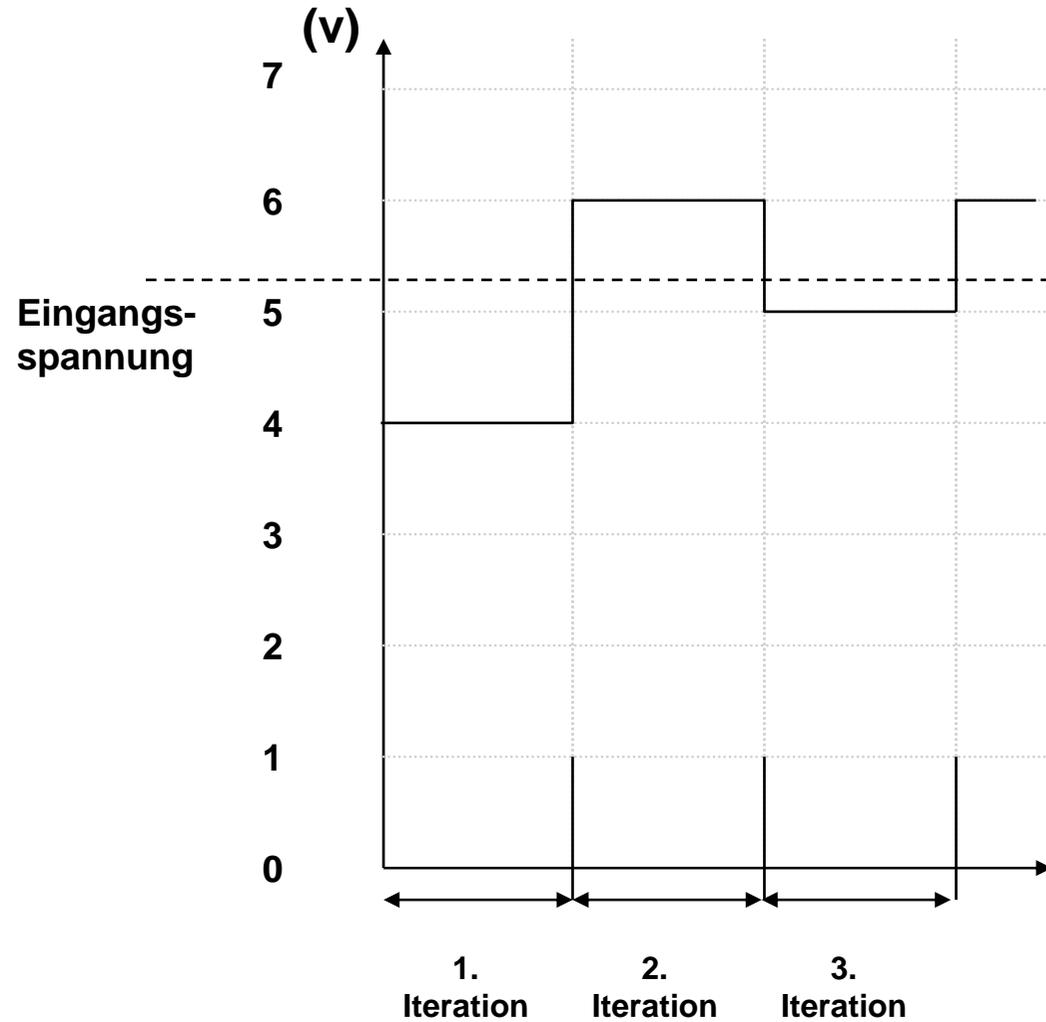
$$V_o \sim \frac{V_{ref}}{R \cdot [d_{n-1} \cdot 2^{-1} + d_{n-2} \cdot 2^{-2} + d_{n-3} \cdot 2^{-3} \cdot \dots + d_0 \cdot 2^{-n}]}$$

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

Prinzip des Zähler-Analog/Digital-Wandlers

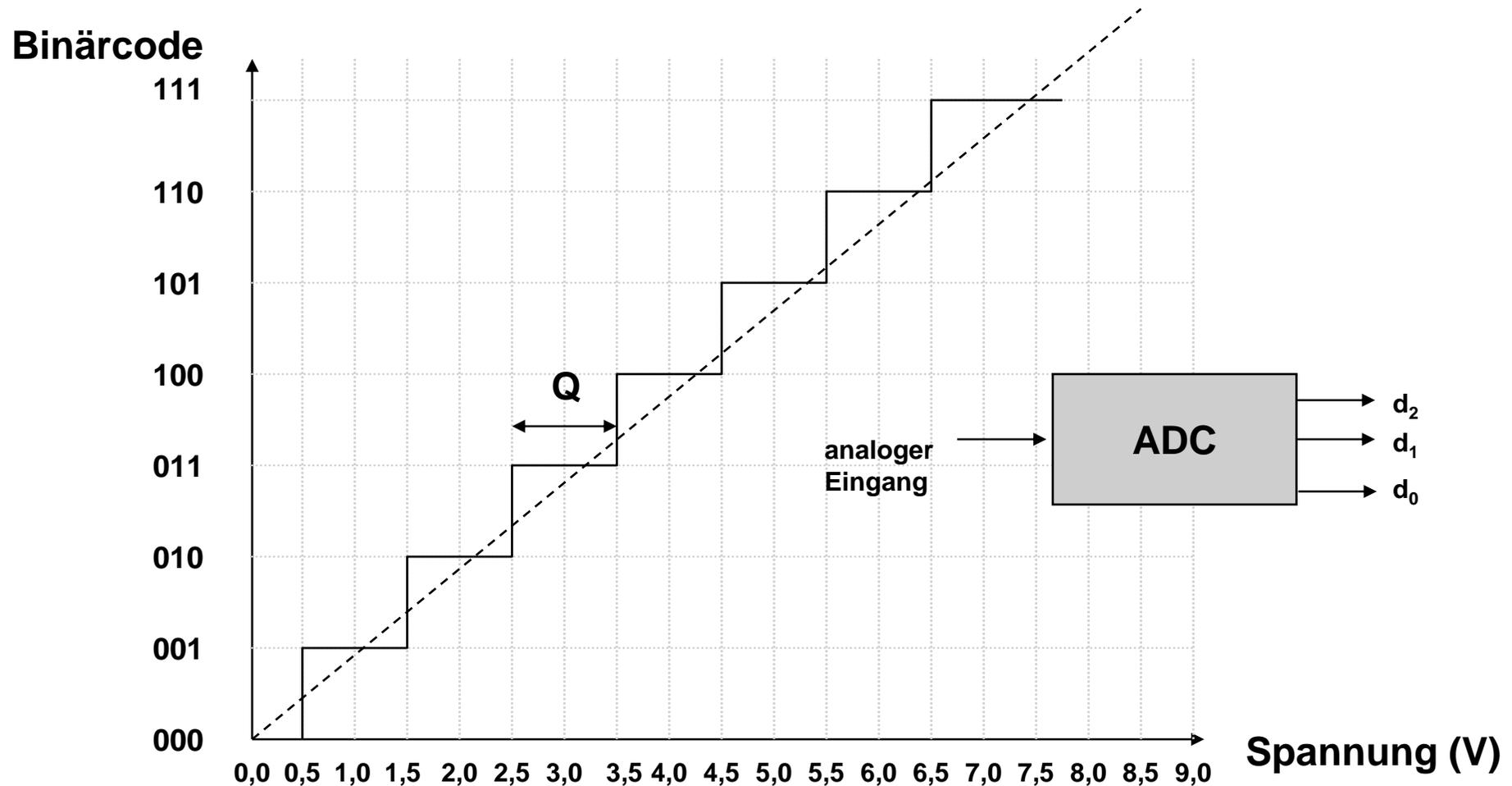


Binäre Näherung (Successive Approximation)

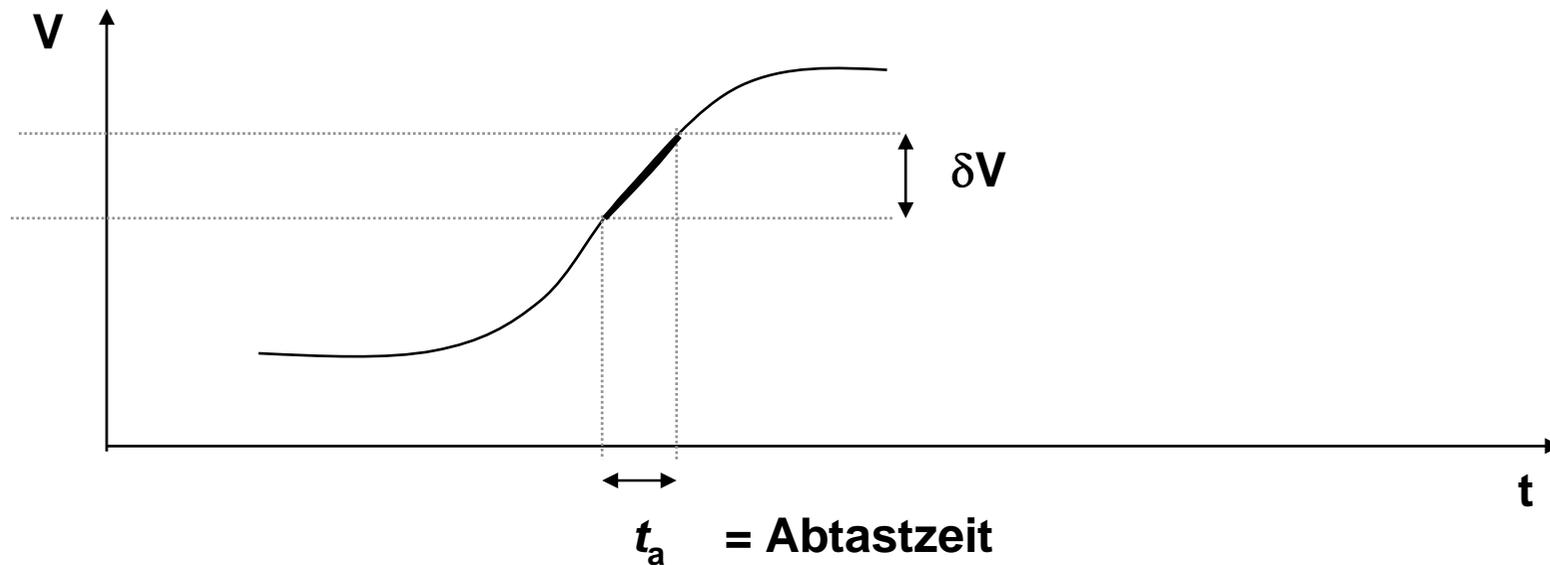


Wandlung analoger Grössen in eine digitale Repräsentation

Die Transferfunktion eines idealen 3-Bit ADC



Der Effekt der Wandlungszeitzeit auf die Genauigkeit

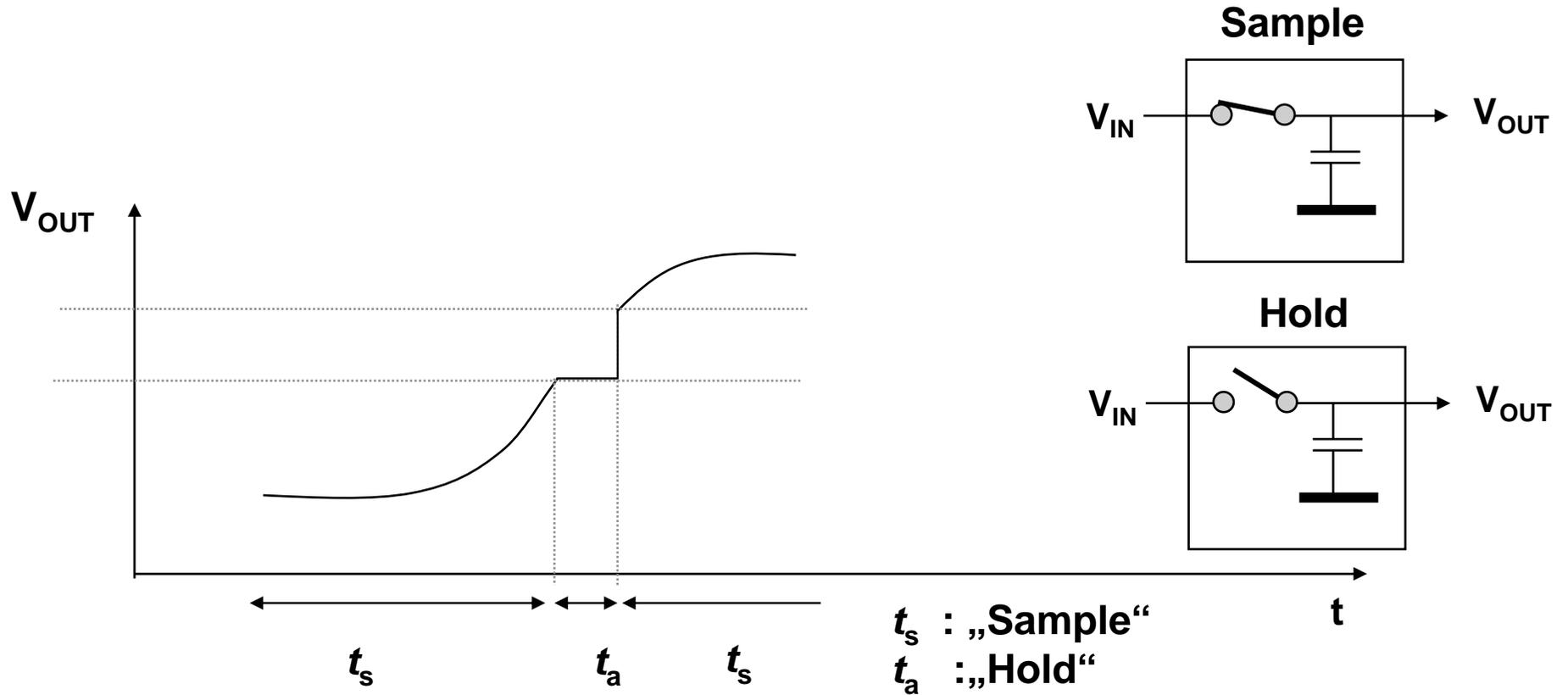


Eingabewert sollte während der Wandlungszeit konstant sein.



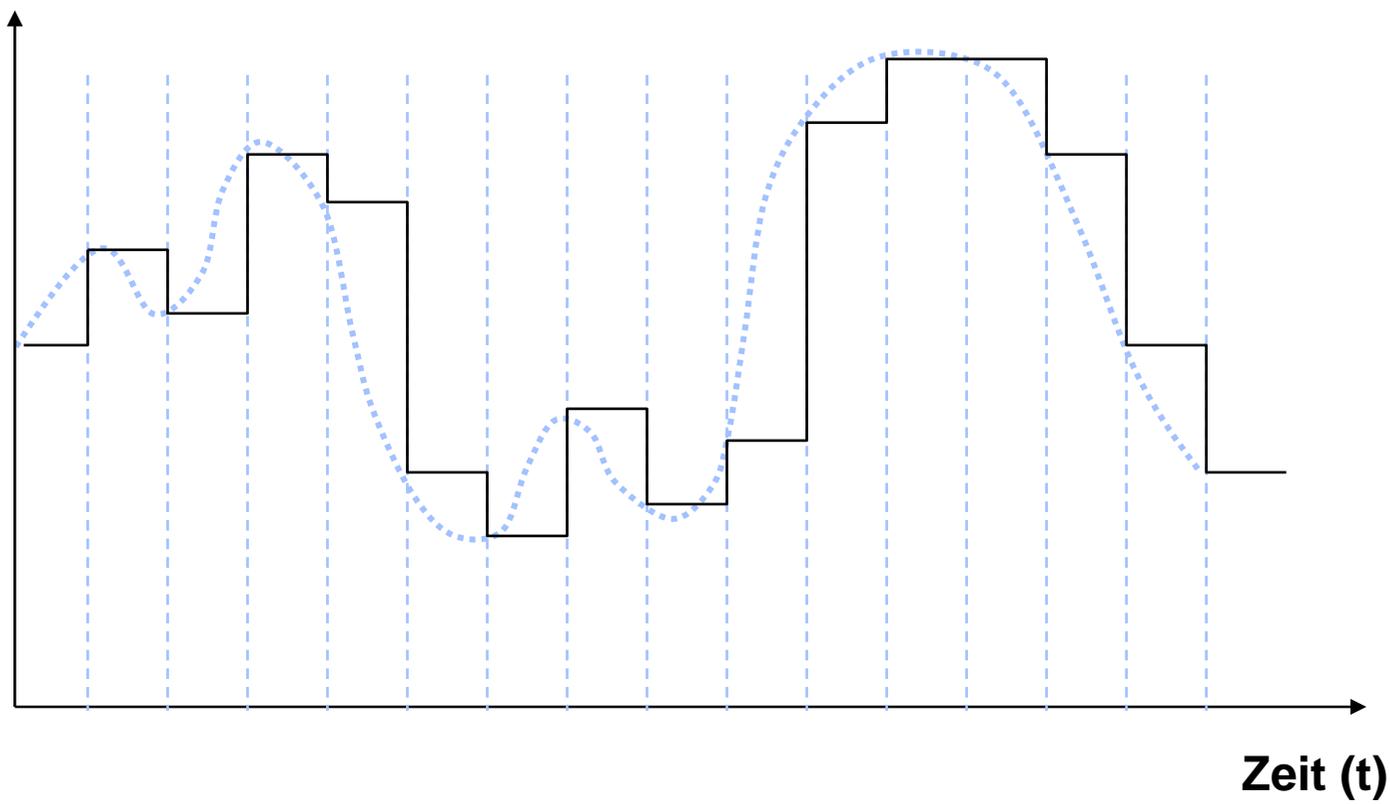
Sample and Hold- Komponente

Prinzip der Sample & Hold Komponente

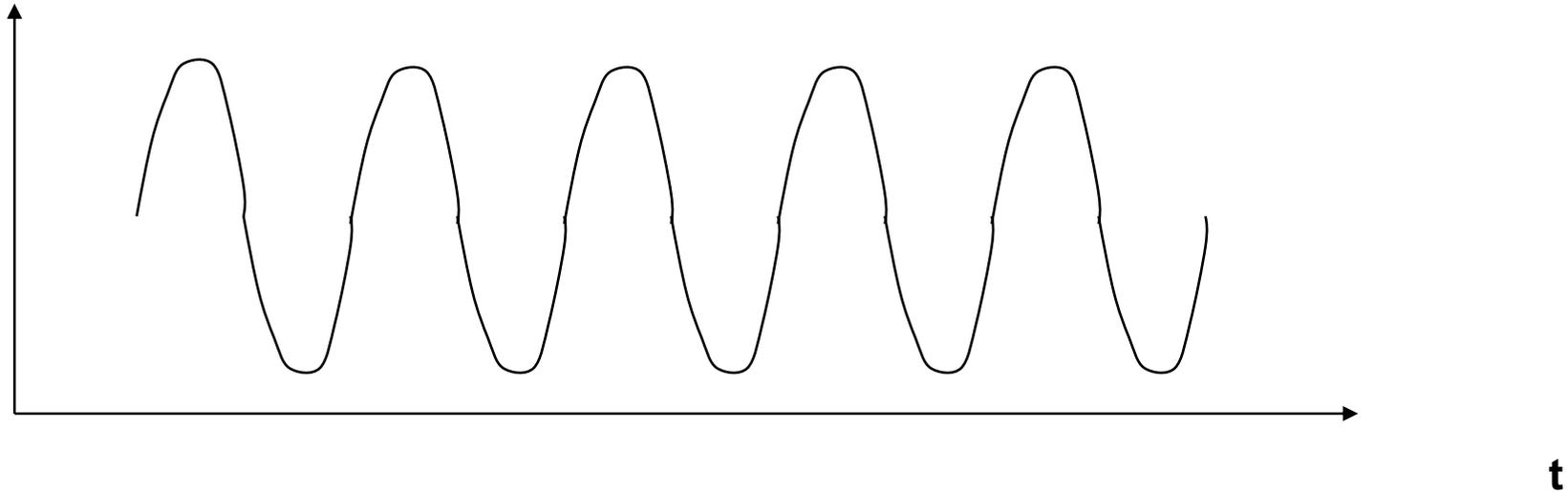


Während der Zeit der DA-Wandlung gilt: $\delta V = 0$

Wert
(v)



Abtasten eines analogen Signals

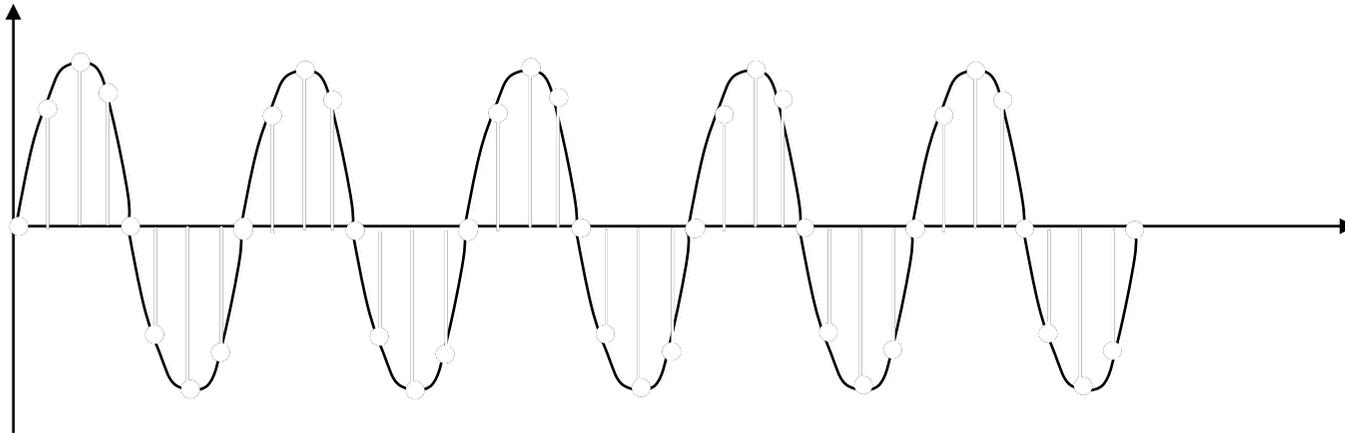


Frage: Wieviele Punkte des Kurvenverlaufs muss man kennen, um die Kurve fehlerfrei rekonstruieren zu können ??

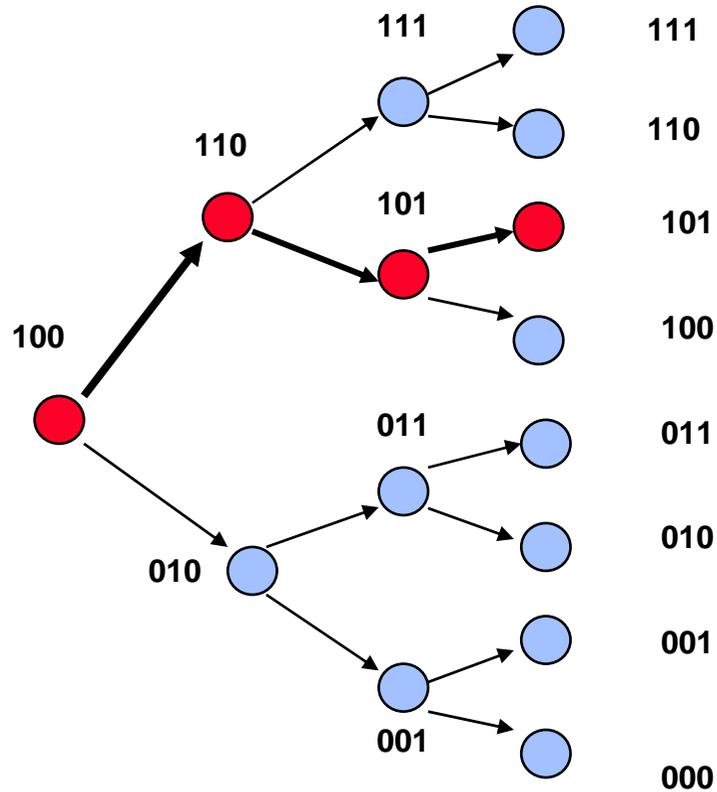
Abtasttheorem:

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

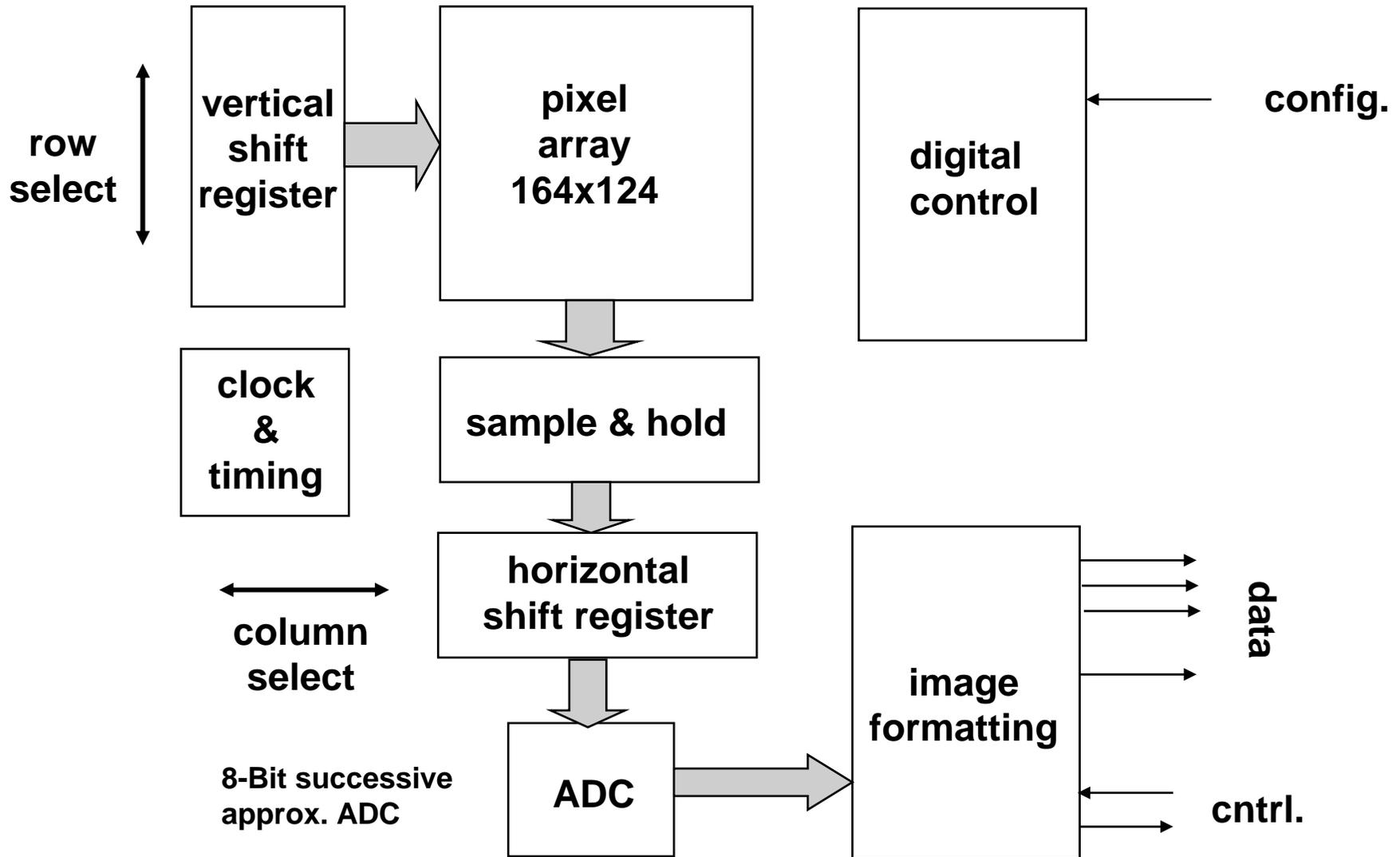
1/100-1/1000

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

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:

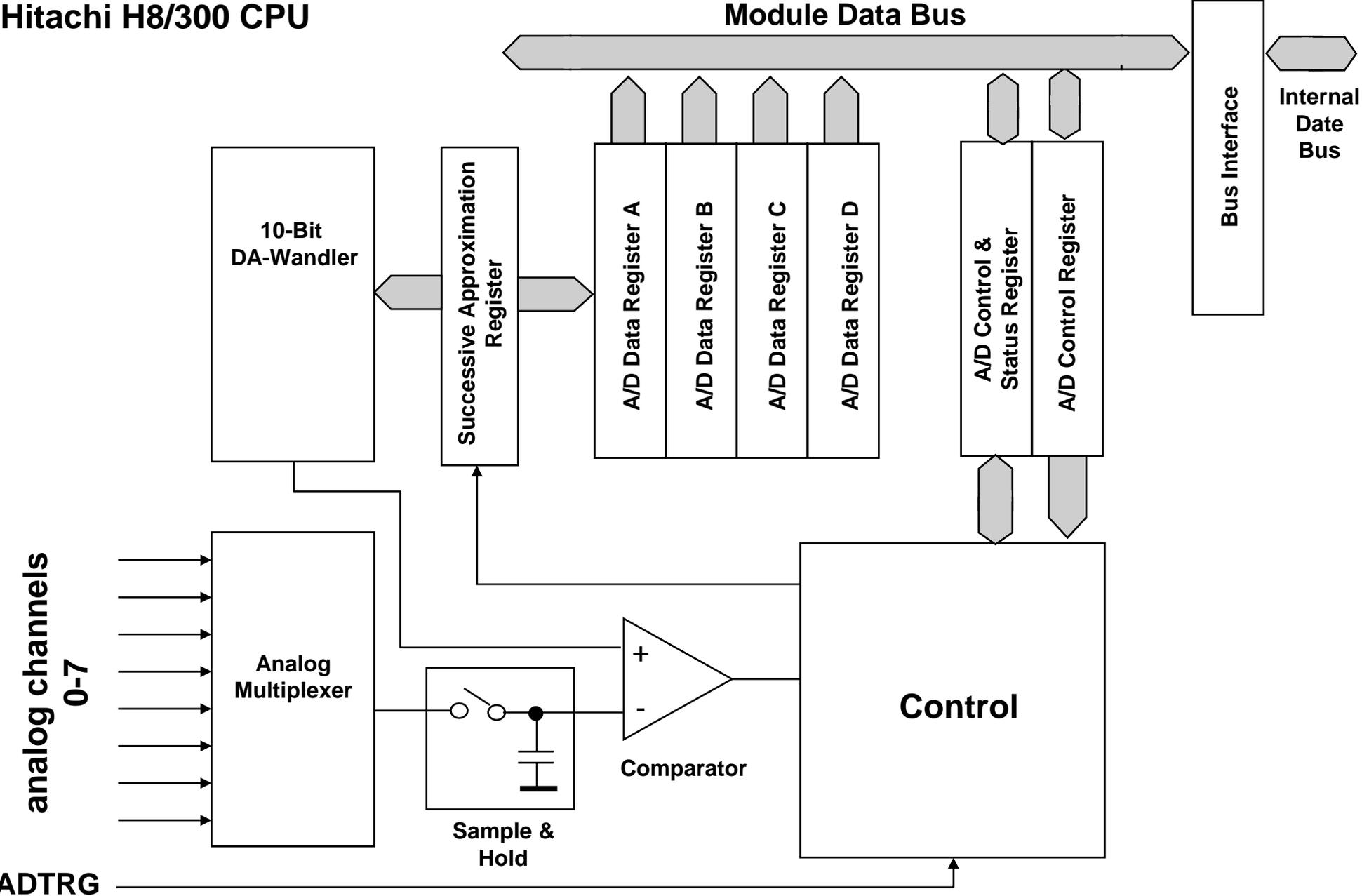
Hitachi H8/300

Siemens C167

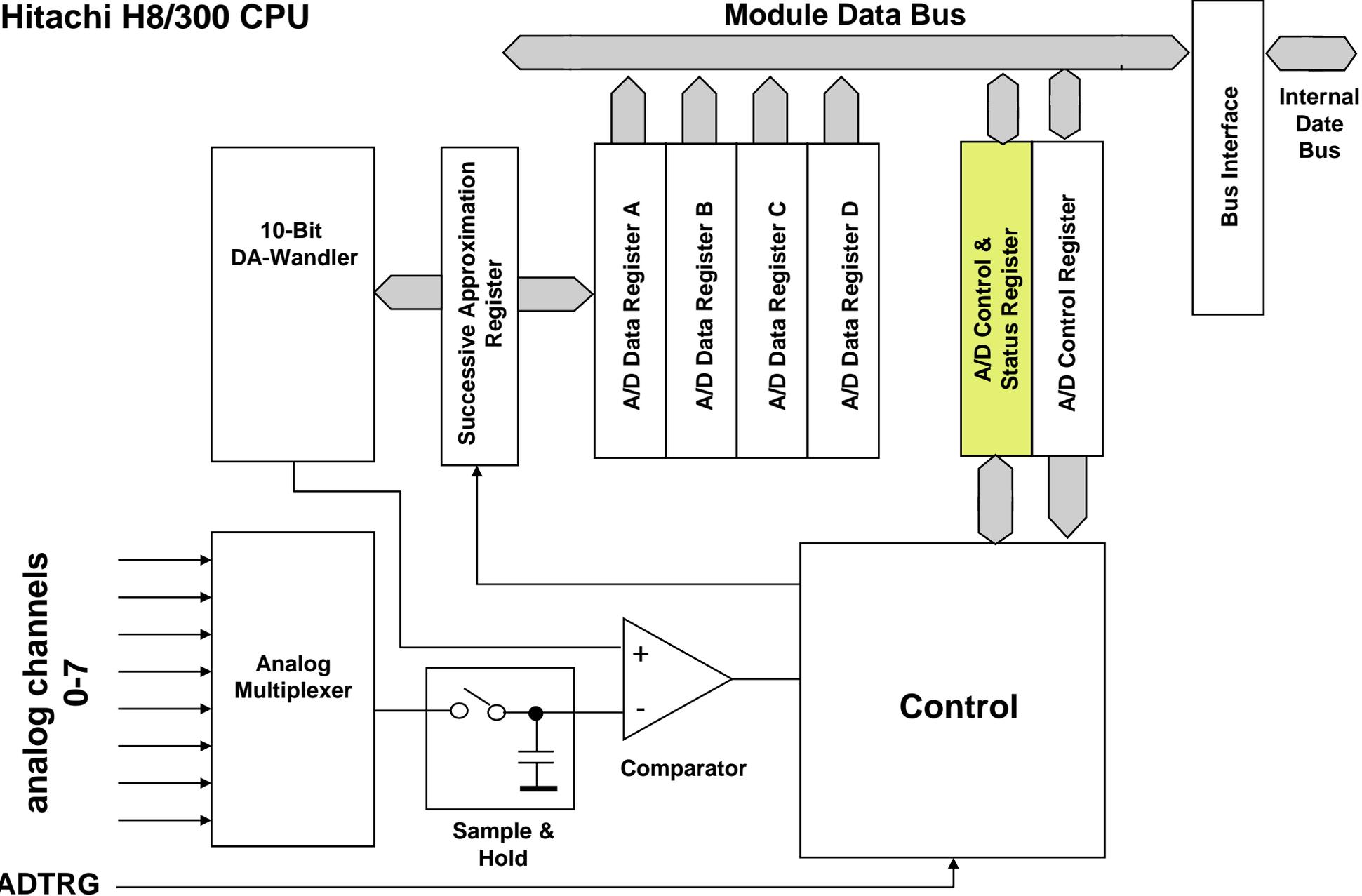
Motorola 683xx

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

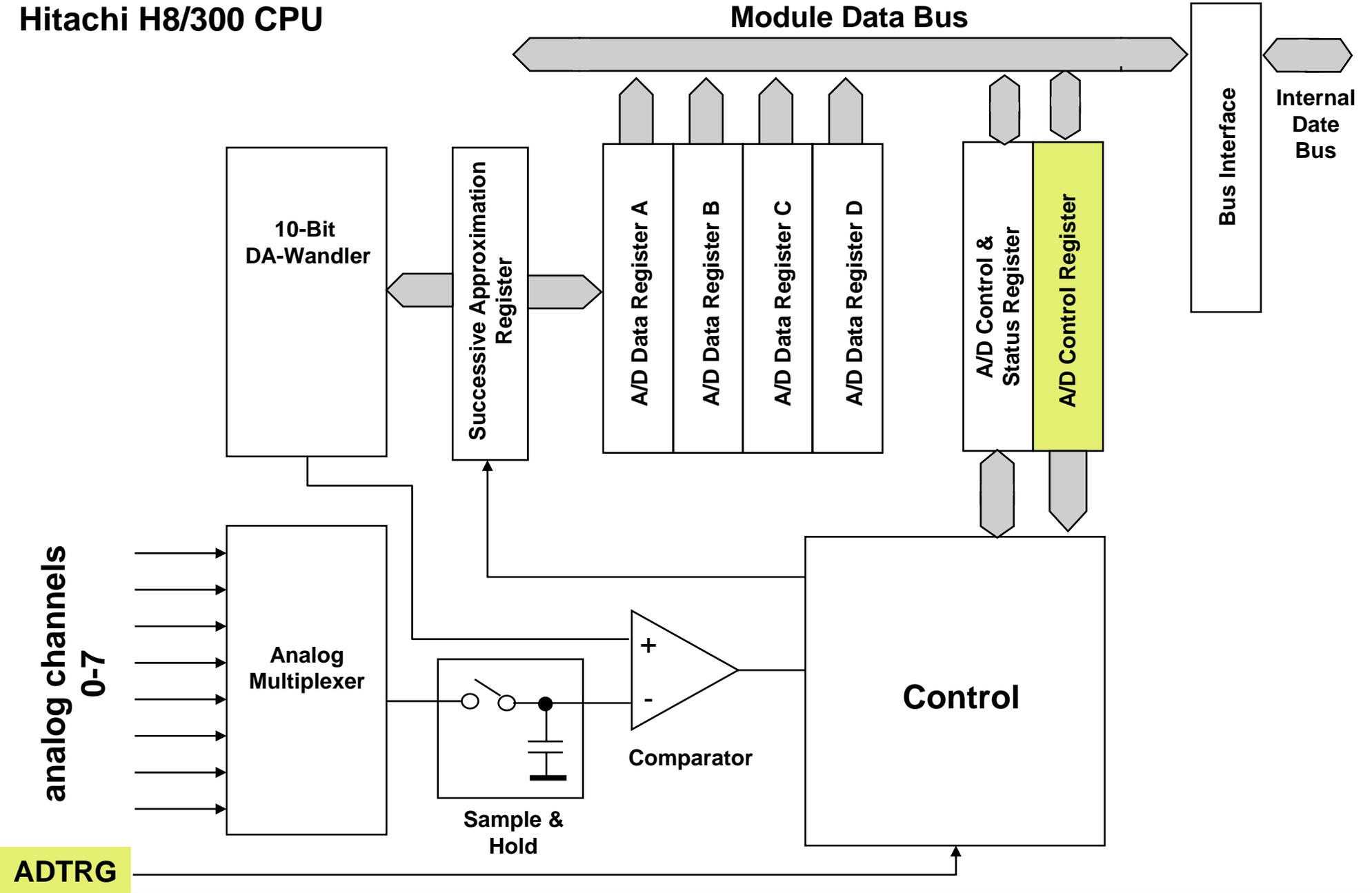
CKS: Clock Select

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.

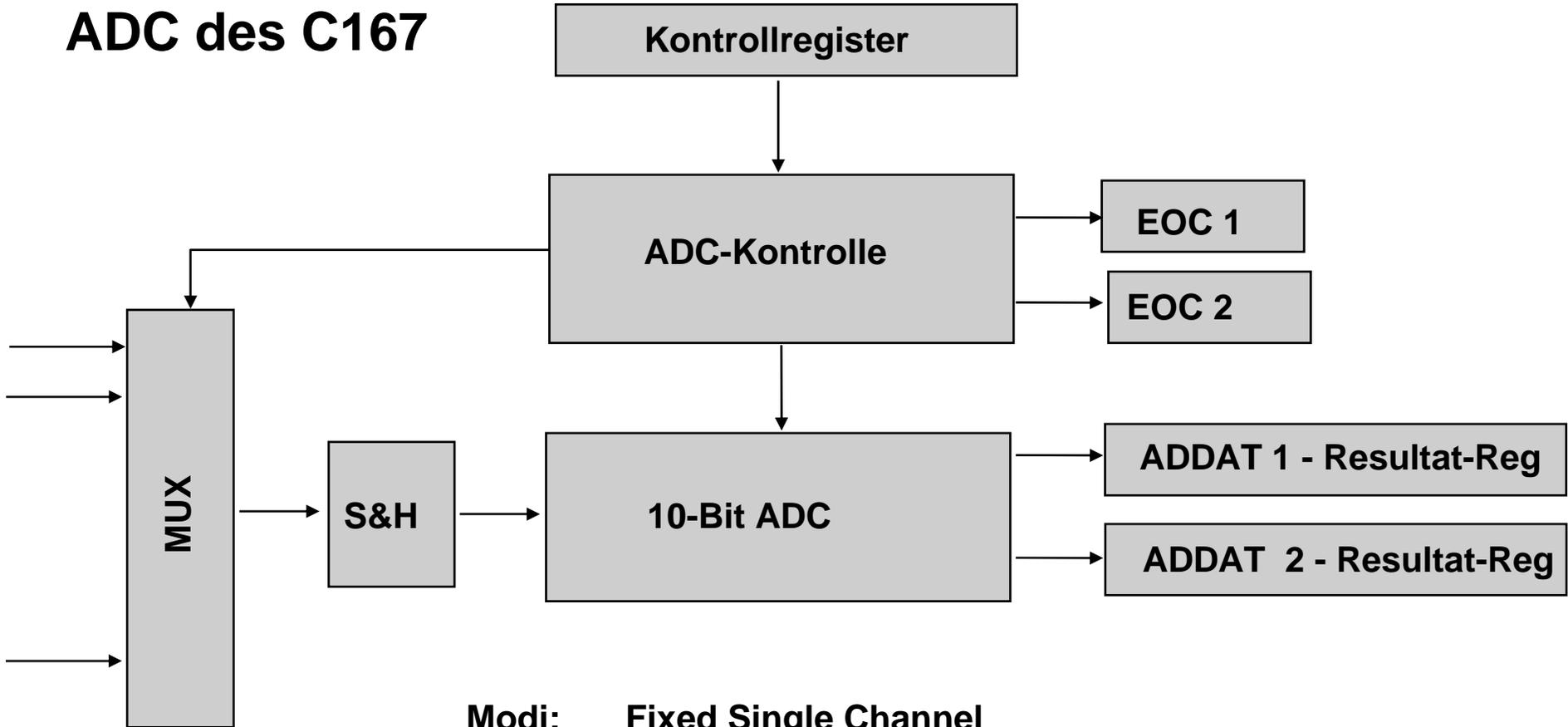
Scan Mode: die Bits Ch2, CH1, Ch0 des ADSCR spezifizieren Gruppen analoger Eingabekanäle. Sie werden zyklisch abgetastet.

Ch2	CH1	Ch0	Single Mode	Scan Mode
0	0	0	AN 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

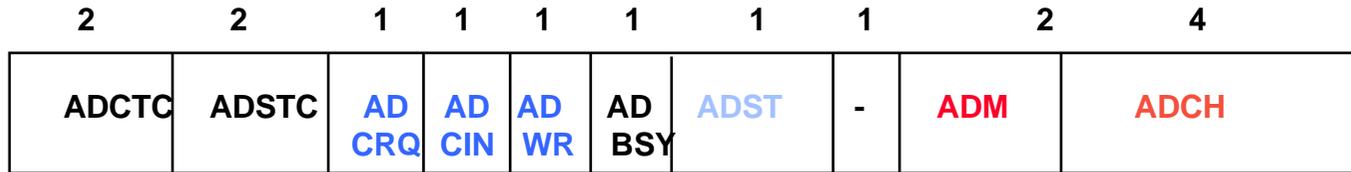
ADC des C167



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



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

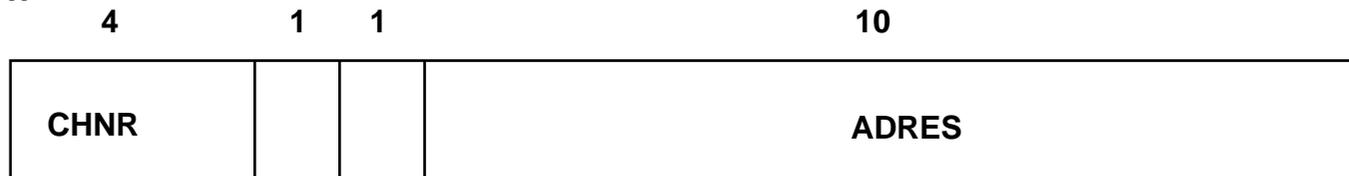
ADCIN : ADC Channel Injection Enable

ADCRQ: ADC Channel Injection Request Flag

ADSTC: ADC Sample Time Control

ADCTC: ADC Conversion Time Control

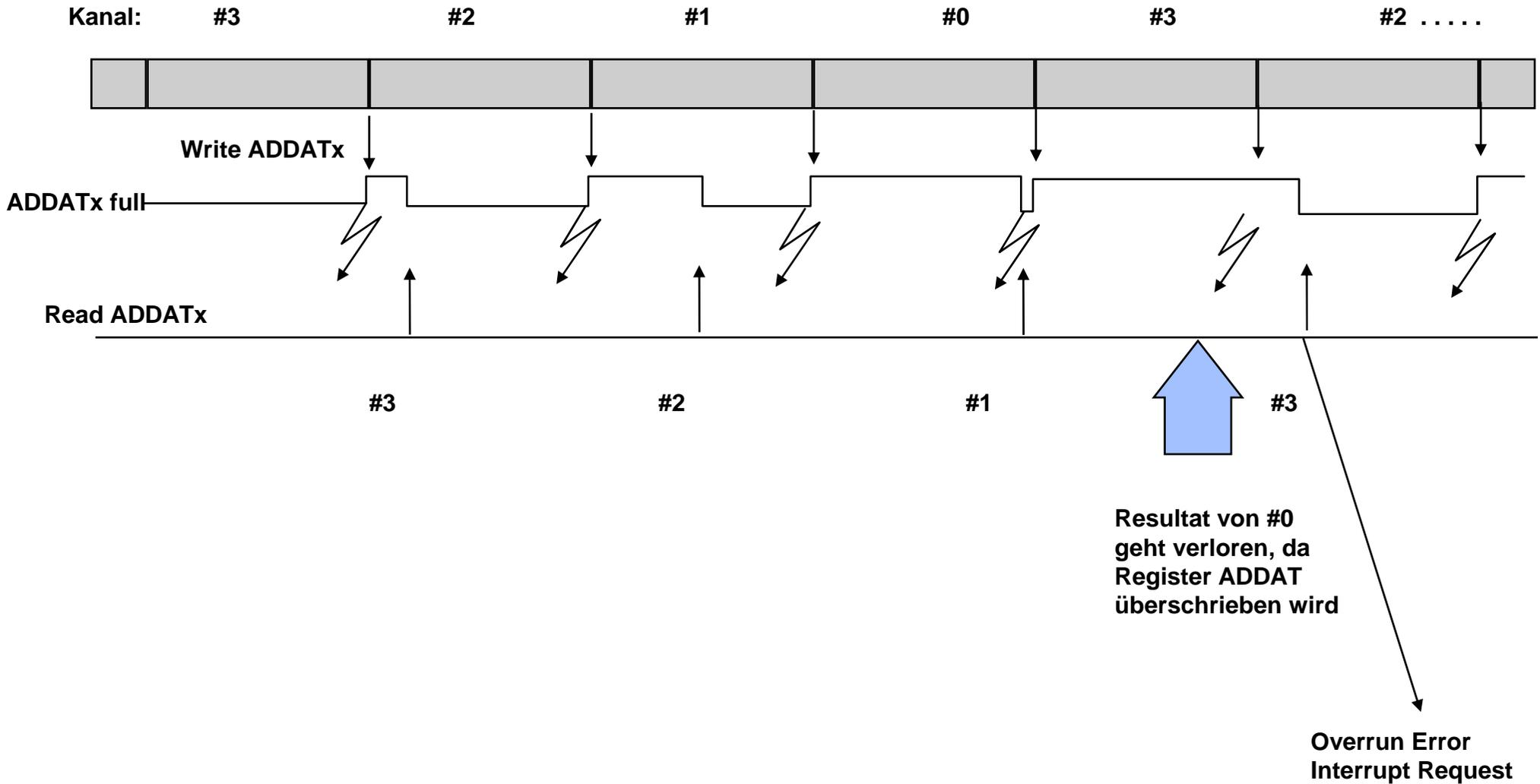
ADDAT



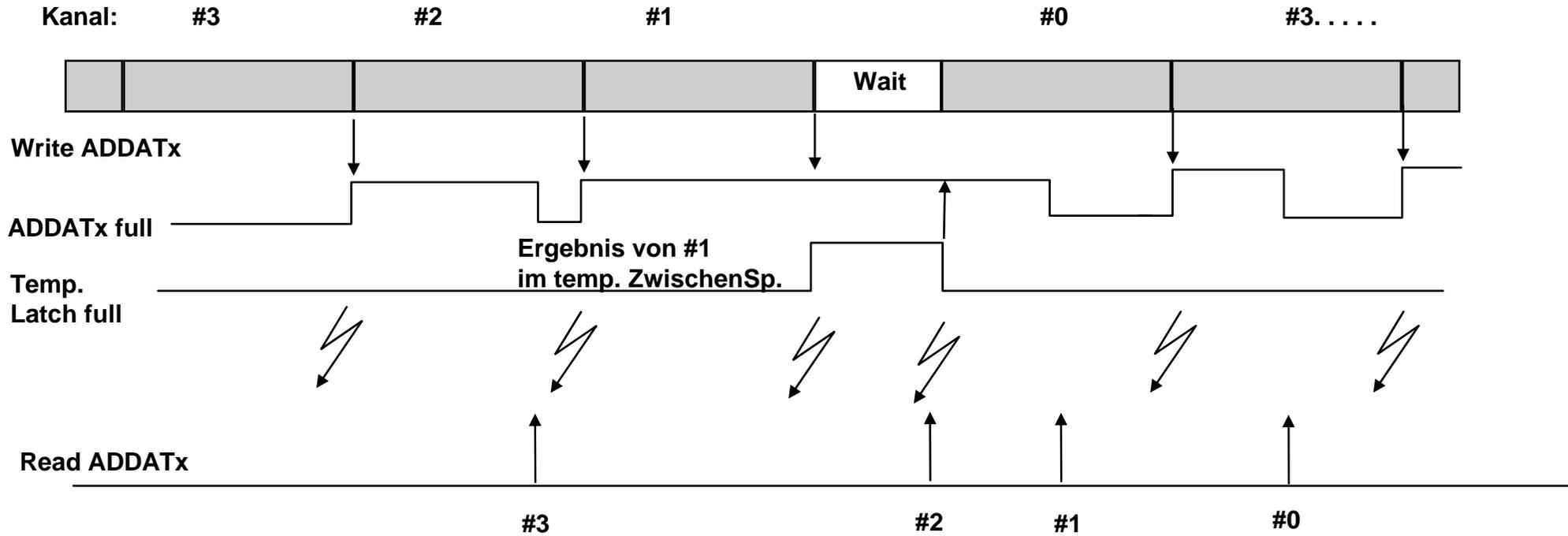
CHNR : Channel Number

ADRES: ADC Result

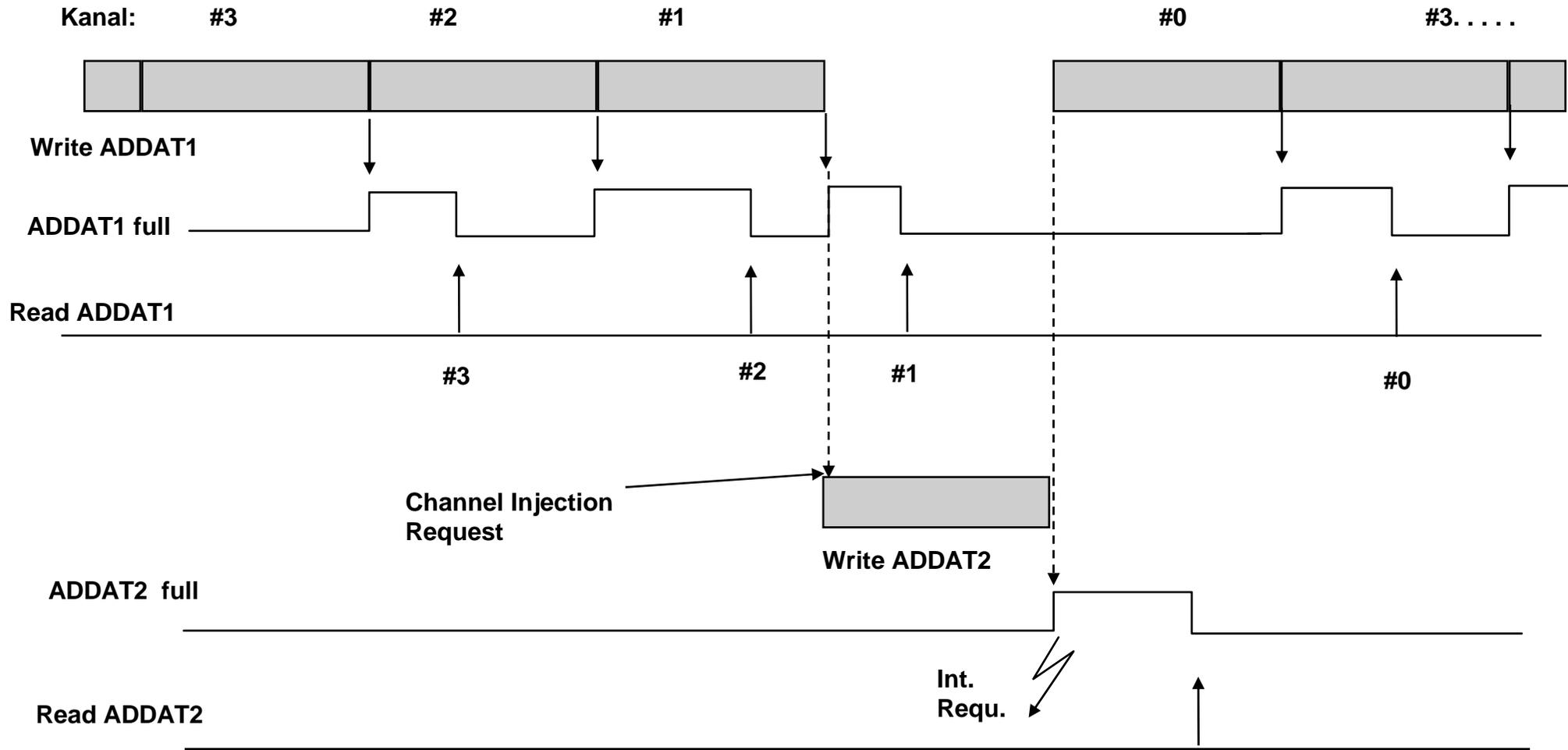
Timing einer AD-Wandlung



Timing einer AD-Wandlung mit Warteoption



Timing einer AD-Wandlung mit "Channel Injection"

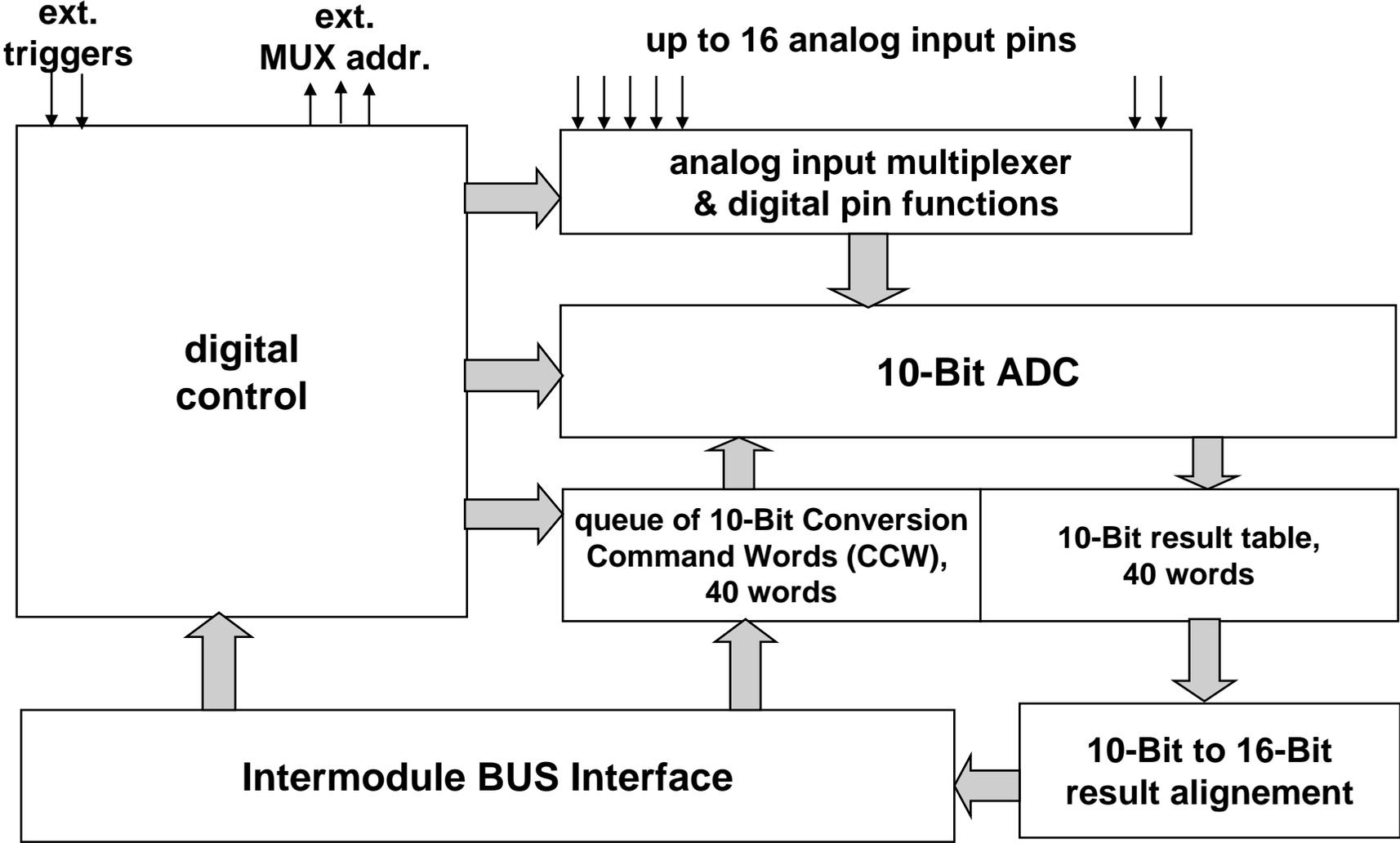


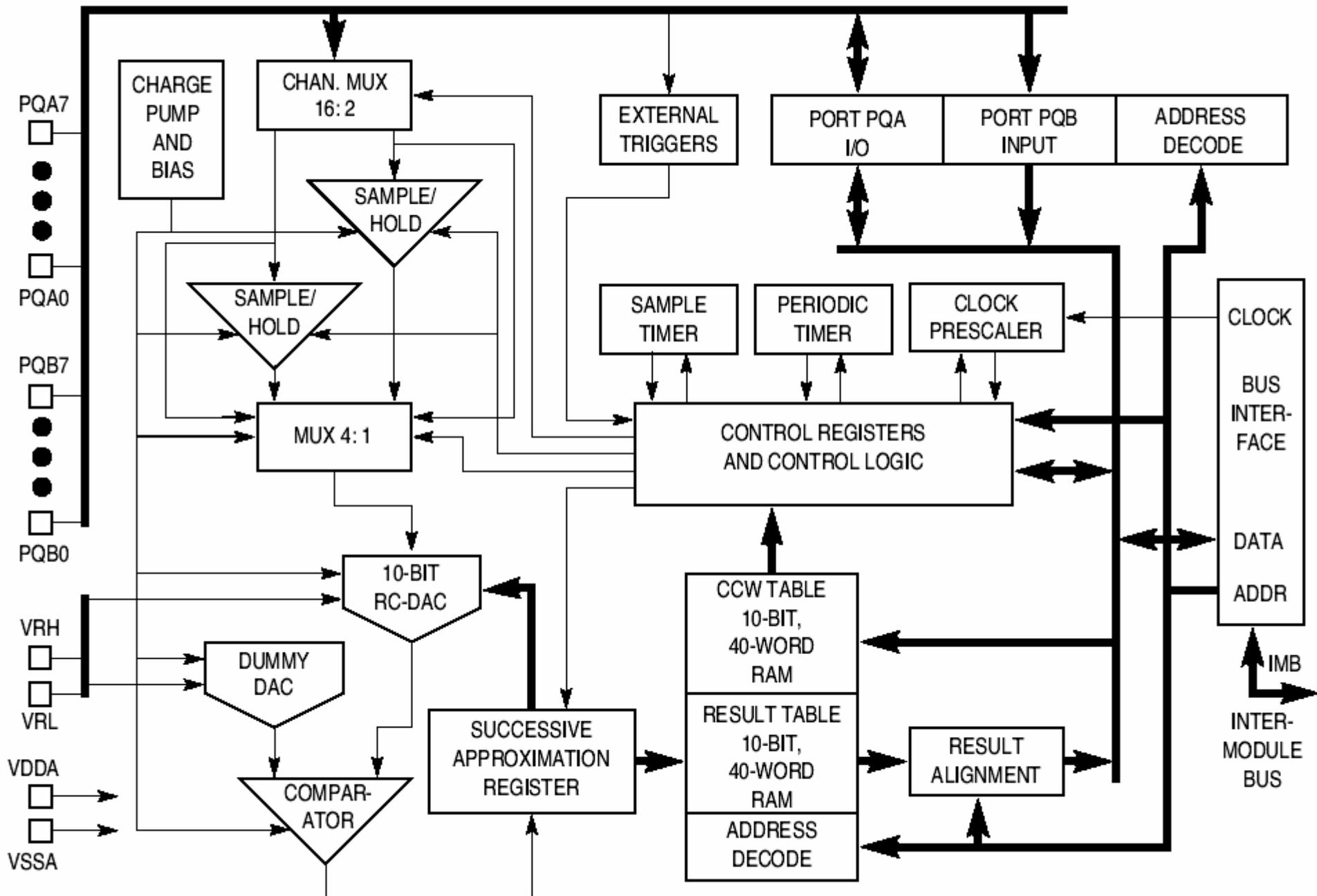
Motorola 683xx Familie

QADC

Queued Analog-to-Digital Converter

QADC: Queued Analog-to Digital Converter





**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

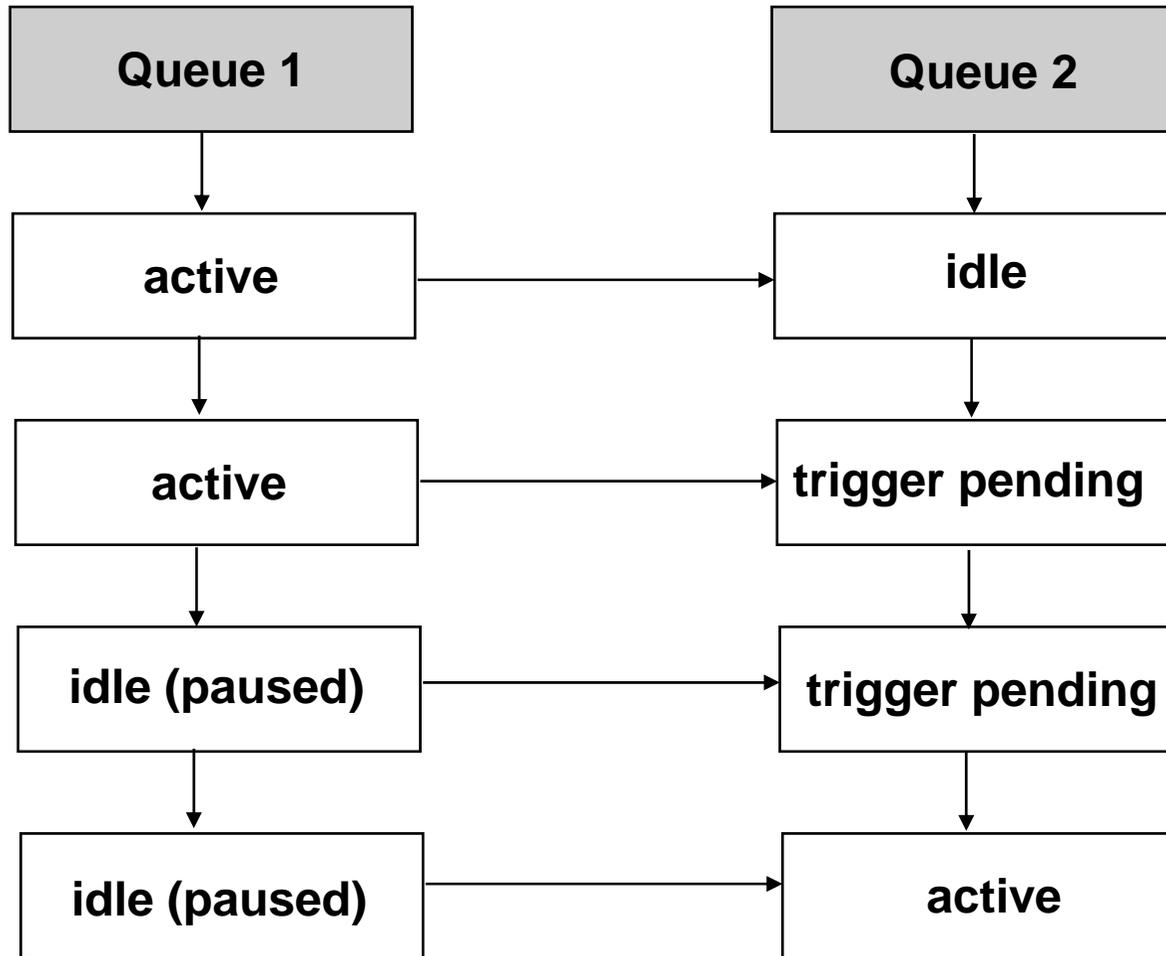
Mode:

Single Scan

Continuous Scan

All combinations possible !

Queue Status Transition



Beispiel:

Order this document
by AN1776/D

Motorola Semiconductor Application Note

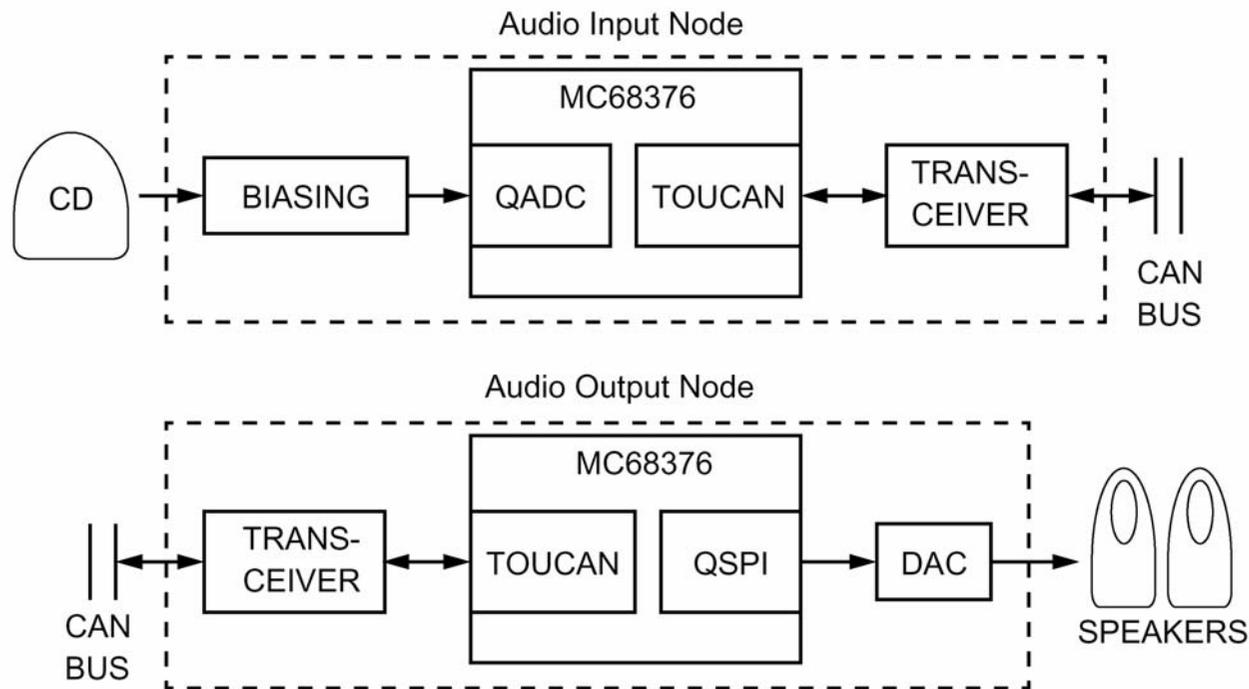
AN1776

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 8.6μs.

too much for CAN

sampling rate – 29.2kHz

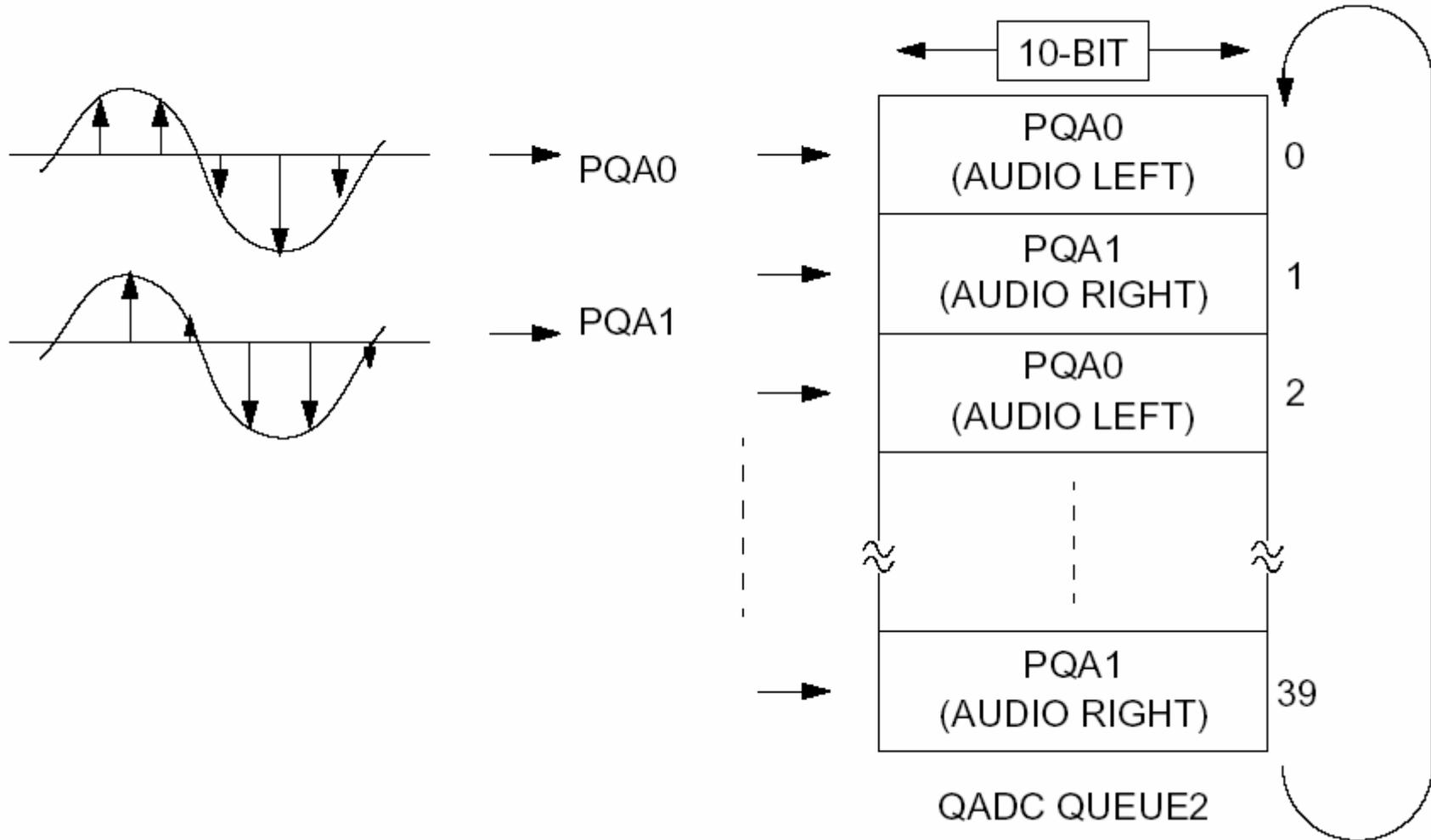
sampling resolution – 8 bits

no. of audio channels – 2

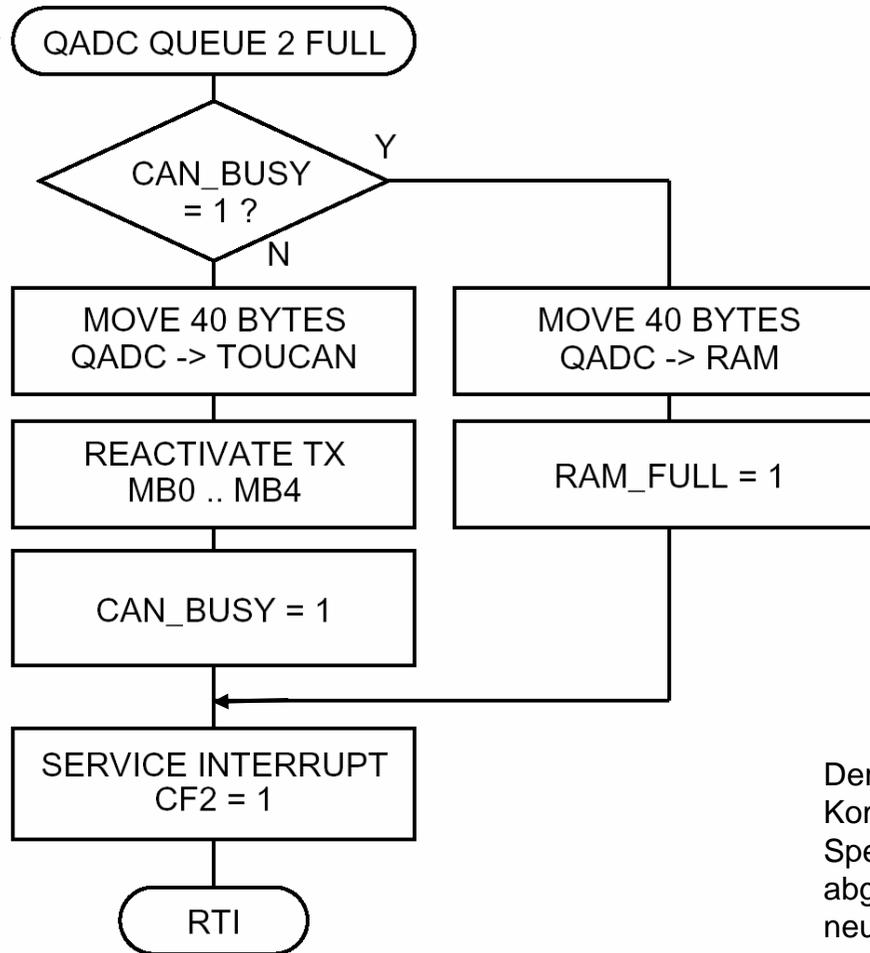
CAN rate – 1Mbit/s

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

