



# I<sup>2</sup>C-bussen

Henrik Brix Andersen  
henrik@brixandersen.dk

# Agenda

- [ Hvad er I<sup>2</sup>C?
- [ Det fysiske lag
- [ Signaleringen
- [ Beskedprotokollen

# Hvad er I<sup>2</sup>C?

— [ Inter-Integrated Circuit databus

— Seriel

— Bidirektionel

— Multi-master

— Multi-slave

— Lavt pin-count

# I<sup>2</sup>C-standarden

- [ Udviklet af Philips Semiconductors (nu: NXP Semiconductors)
  - 1982: Første revision (0 til 100 kbit/s, 7 bit adresser)
  - 1992: Version 1 (Fast-mode 400 kbit/s, 10 bit adresser)
  - 1998: Version 2 (High-speed 3,4 Mbit/s)
  - 2000: Version 2.1 (Mindre ændringer til timing)
  - 2007: Version 3 (Fast-mode+ 1 Mbit/s)

# Licensering

- [ Originalt patent udløbet i 2006
- [ Licensfri implementering
- [ Brug af logo samt “nyere funktionalitet” kræver licens
- [ (Officielle) slave-adresser købes hos NXP

# Hvor anvendes I<sup>2</sup>C?

- [ 2500+ forskellige I<sup>2</sup>C-dimser på markedet (ifølge NXP)
- $\mu$ Controllere, EEPROM'er, RTCs, sensorer, LCD-displays, batteriladere, oscillatorer, ADC/DAC'ere, I/O-expandere, ...
- [ PC'ere, high-end servere, indlejrede/industrielle systemer, set-top bokse, TV, mobiltelefoner, ...

# Kært barn har mange fætre

— [ (Industry Standard) Two Wire (Serial) Interface (TWI)

— [ System Management Bus (SMBus)

— [ ACCESS.bus

— [ VESA Display Data Channel (VESA DDC)

— [ Power Management Bus (PMBus)

— [ Intelligent Platform Management Bus (IPMI)



# Hvor anvender jeg I<sup>2</sup>C?





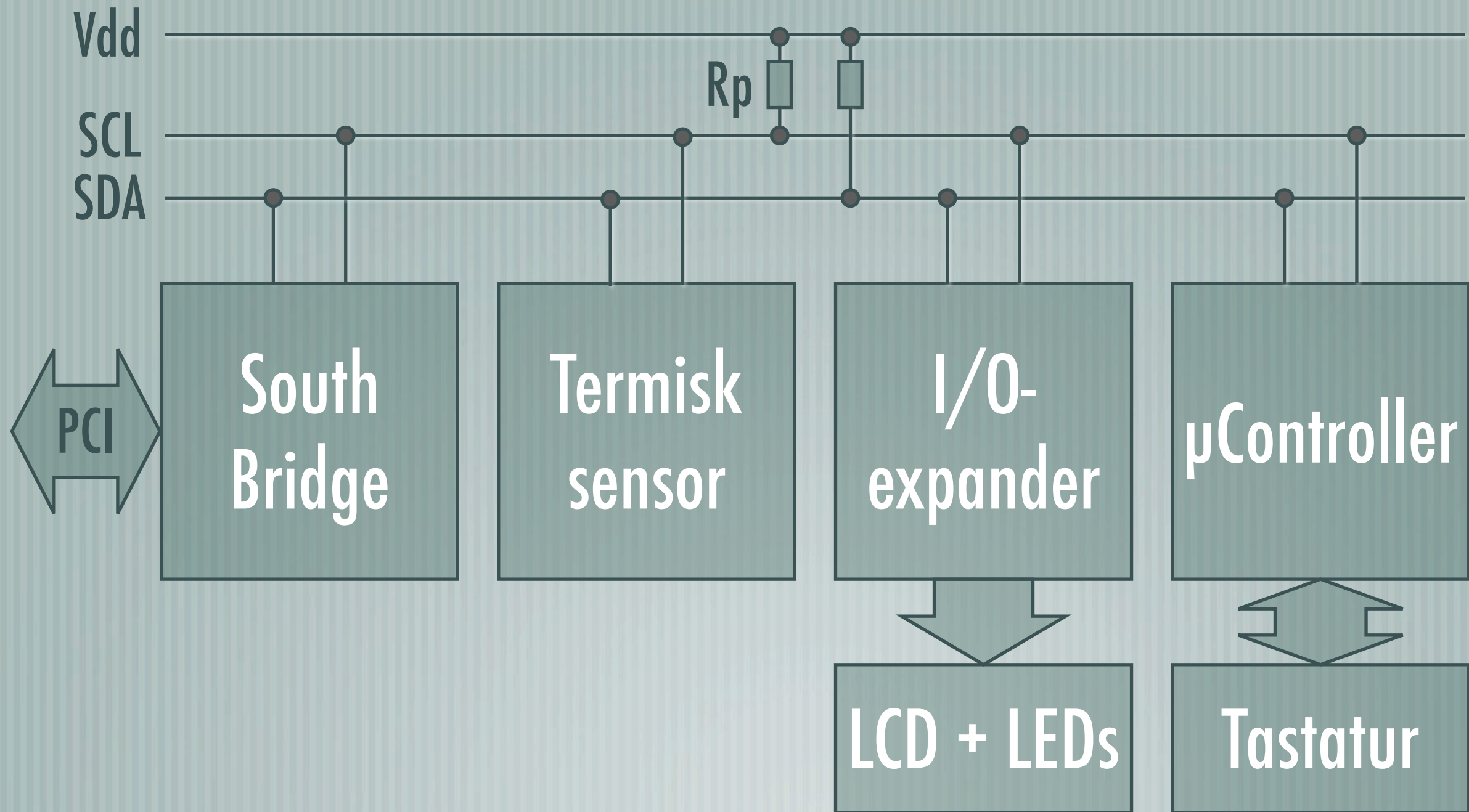
# Det fysiske lag

- [ 2 open-drain signaler (husk pull-up modstande!)
  - Serial Data (SDA)
  - Serial Clock (SCL)
- [ Stel er logisk "0"
- [ Svævende er logisk "1"

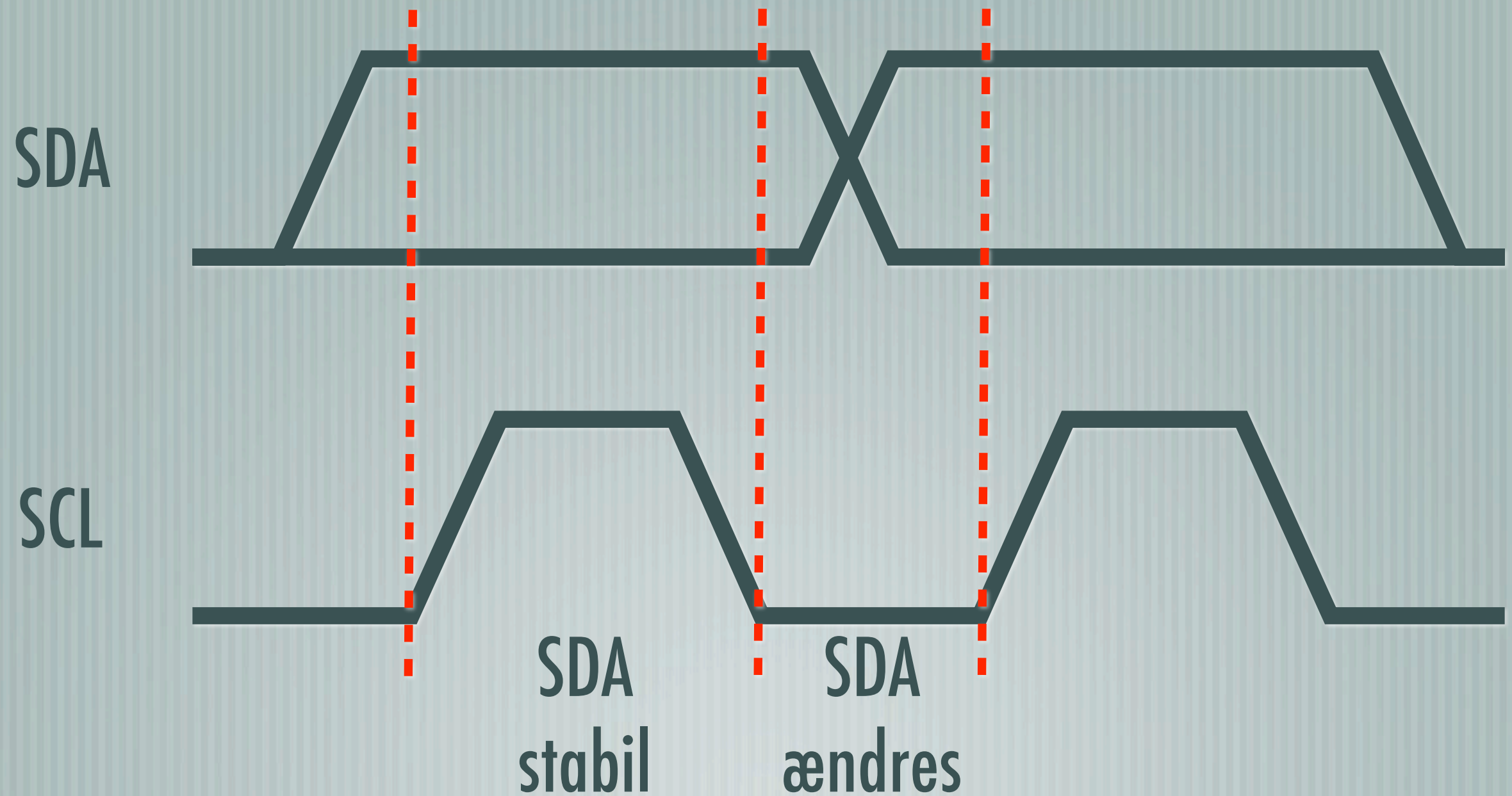
# Elektrisk karakteristik

- [ Typisk +5 Vdd eller +3,3 Vdd
- [ Typisk 10 kbit/s (low-speed)
- [ ... eller 100 kbit/s (standard-mode)

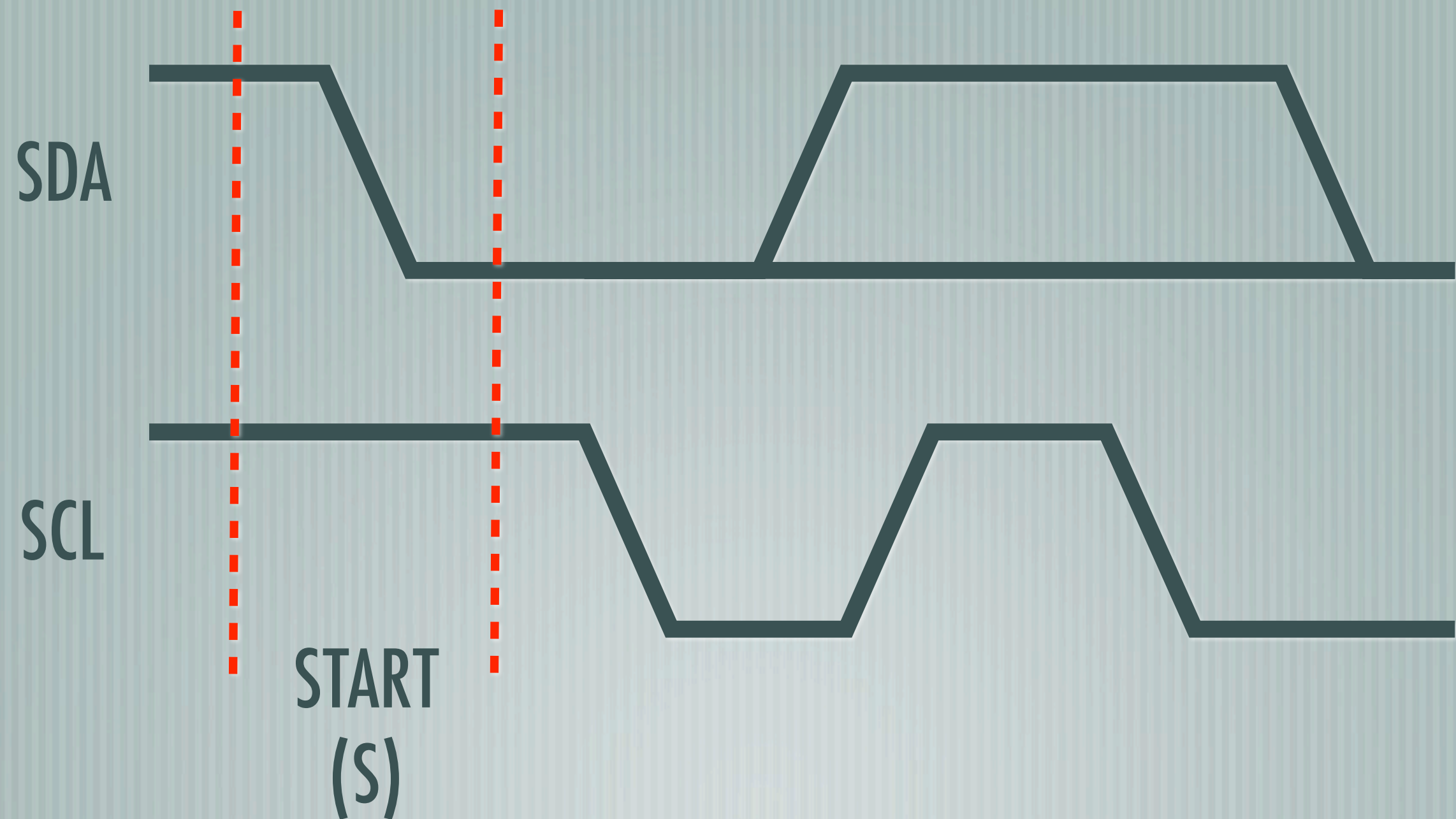
# Eksempel



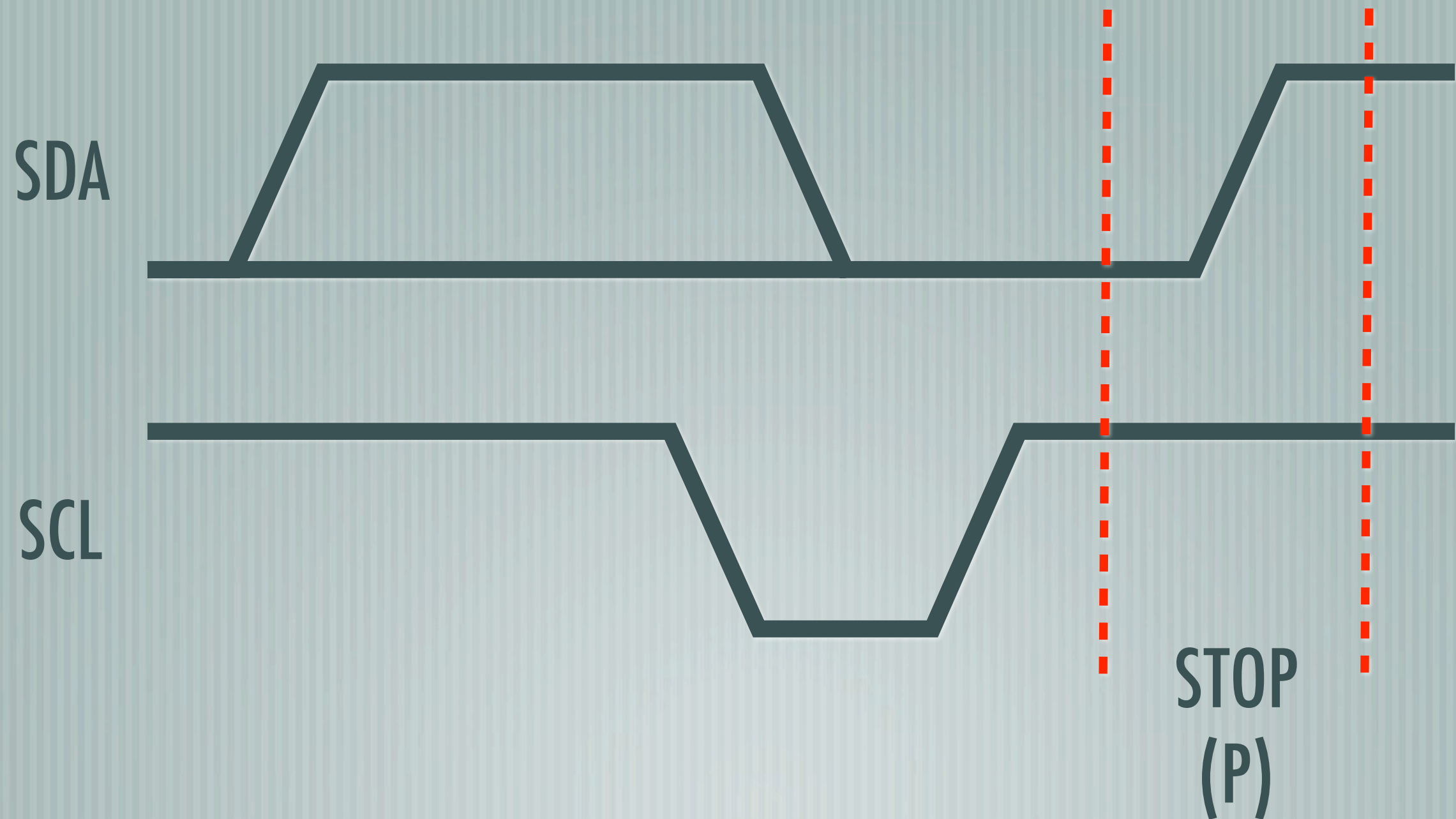
# Bit-overførsel



# START-betingelse



# STOP-betingelse





# Adressering

- [ Big Endian - MSB først!
- [ 7 + 1 bit adresse
  - LSB = 0 ved læsning
  - LSB = 1 ved skrivning
- [ General Call (adresse 0x00)

# ACK/NACK

- [ ACK/NACK bit efter hver byte
  - Logisk 0 er ACK
  - Logisk 1 er NACK

# Komplet data-overførsel



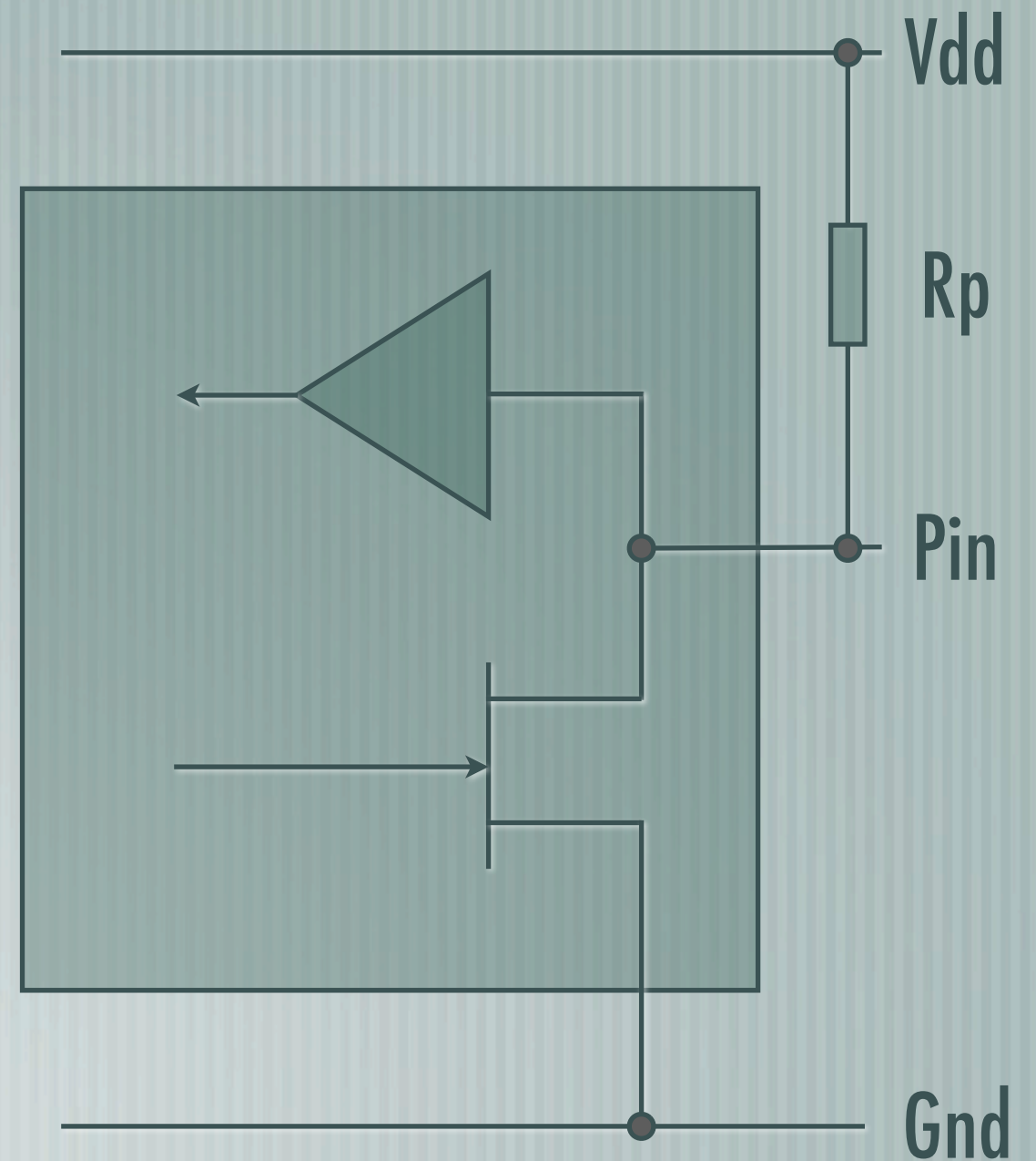
# Gentaget START-betingelse

- [ Kan benyttes i stedet for STOP-betingelse
- [ Bibeholder busmaster-rolle
- [ Muliggør skift af læse/skrive-retning

# Bus-forhandling

Multiple masters aktive på samme tid?

Multiple slaver aktive på samme tid?



# Clock-stretching

- [ Tilkøb af tid ved at holde SCL lav
- [ Kan udføres af både master og slave
- [ Pas på SMBus timeout (35 ms)!



# Beskedprotokollen

- [ Ingen formel I<sup>2</sup>C-beskedprotokol
- [ Typisk noget i retning af...
  - Start
  - Skriv adresse + register-offset/kommando
  - (Evt. gentaget Start) + skriv/læs data
  - Stop

# Debugværktøjer

- [ Oscilloskop

- Signalniveauer, timing, busfrekvens

- [ I<sup>2</sup>C-busanalyser (f.eks. BusPirate)

- Signalering, beskedprotokol

- Sekundær master, indskydning af fejl osv.

# Spørgsmål