STD_LOGIC / IEEE 1164

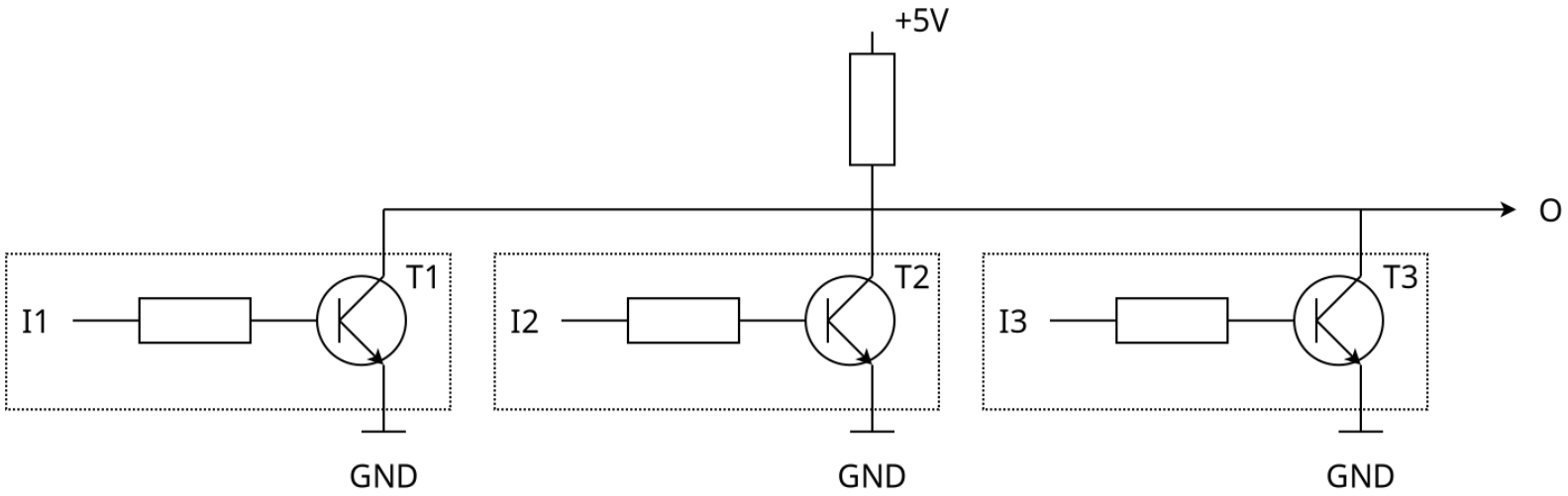
Dr.-Ing. Volkmar Sieh

Department Informatik 4
Systemsoftware
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

WS 2026/2027



STD_LOGIC / IEEE 1164 – Beispiel



Output `O` ist 0V gdw. Transistor `T1` *oder* `T2` *oder* `T3` durchgeschaltet ist (sonst ist `O` 5V).

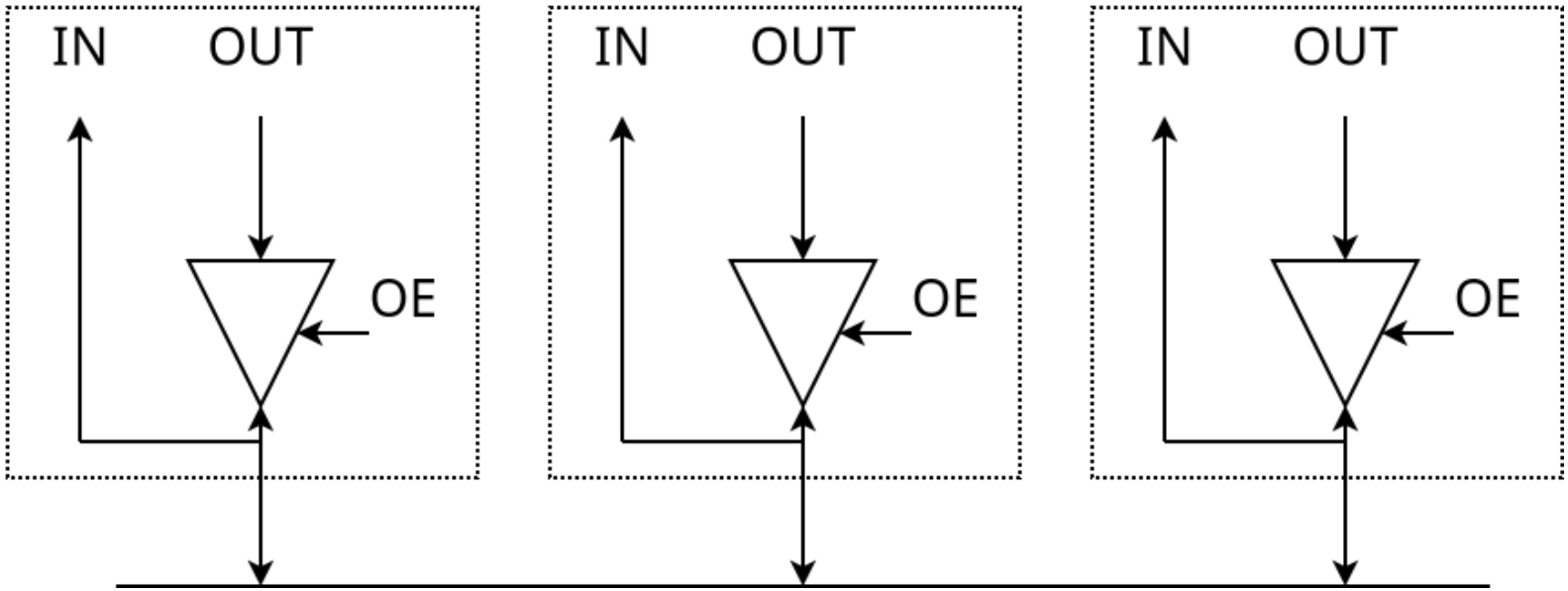
Also: $O = nor(I_1, I_2, I_3)$

Hier: Die drei Transistoren berechnen **gemeinsam** einen Wert `O` obwohl sie ggf. in **unterschiedlichen** Komponenten sitzen!

„**wired-nor**"



STD_LOGIC / IEEE 1164 – Beispiel



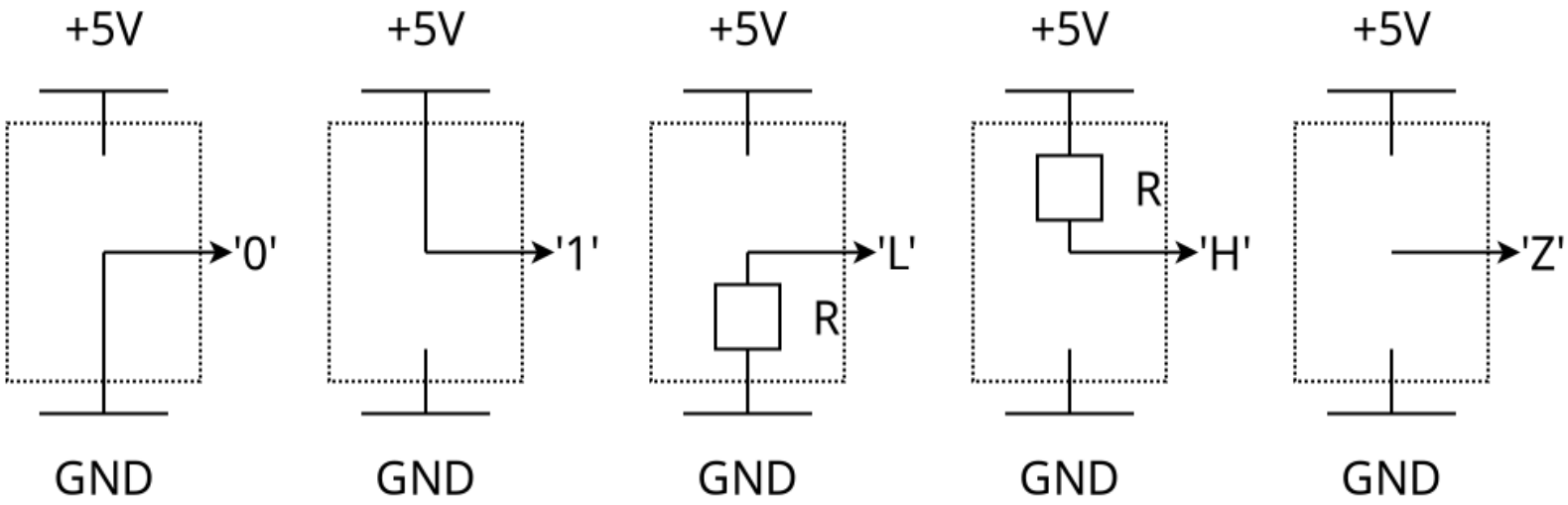
Komponenten müssen „0”, „1” und „nichts” ausgeben können.

`OE`: „Output Enable”

„**tristate**”



STD_LOGIC / IEEE 1164 – Outputs

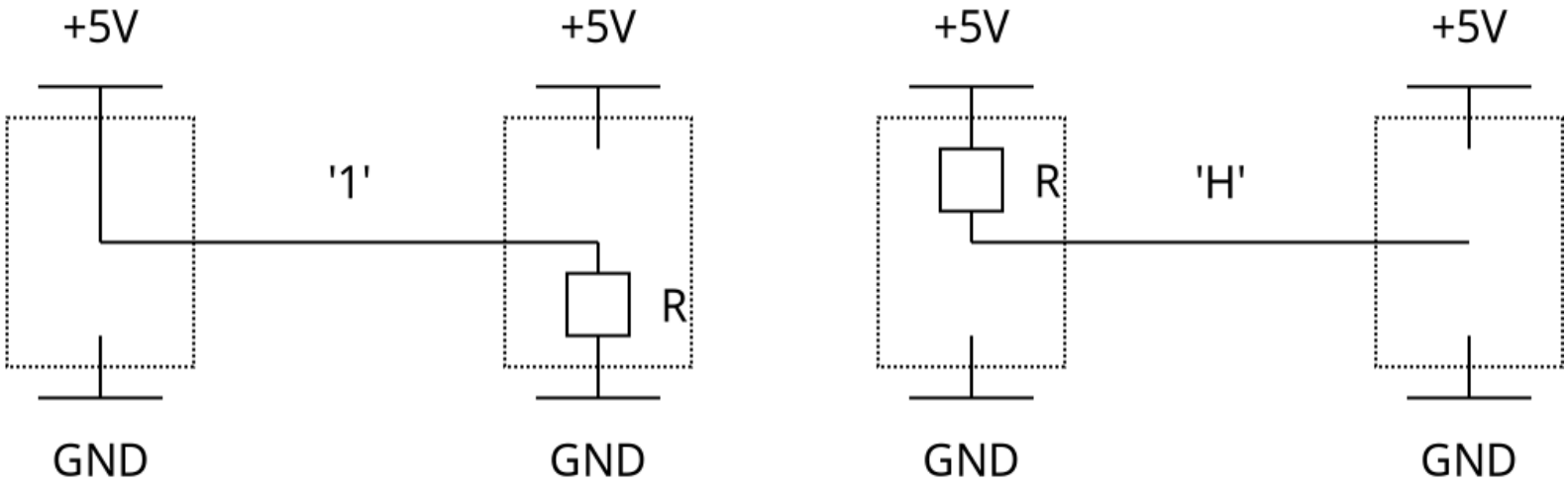


Mögliche Ausgaben einer Komponente:

- '0' starke 0 (strong 0)
- '1' starke 1 (strong 1)
- 'L' schwache 0; Pull-down-Widerstand (weak 0)
- 'H' schwache 1; Pull-up-Widerstand (weak 1)
- 'Z' hochohmig (high impedance)



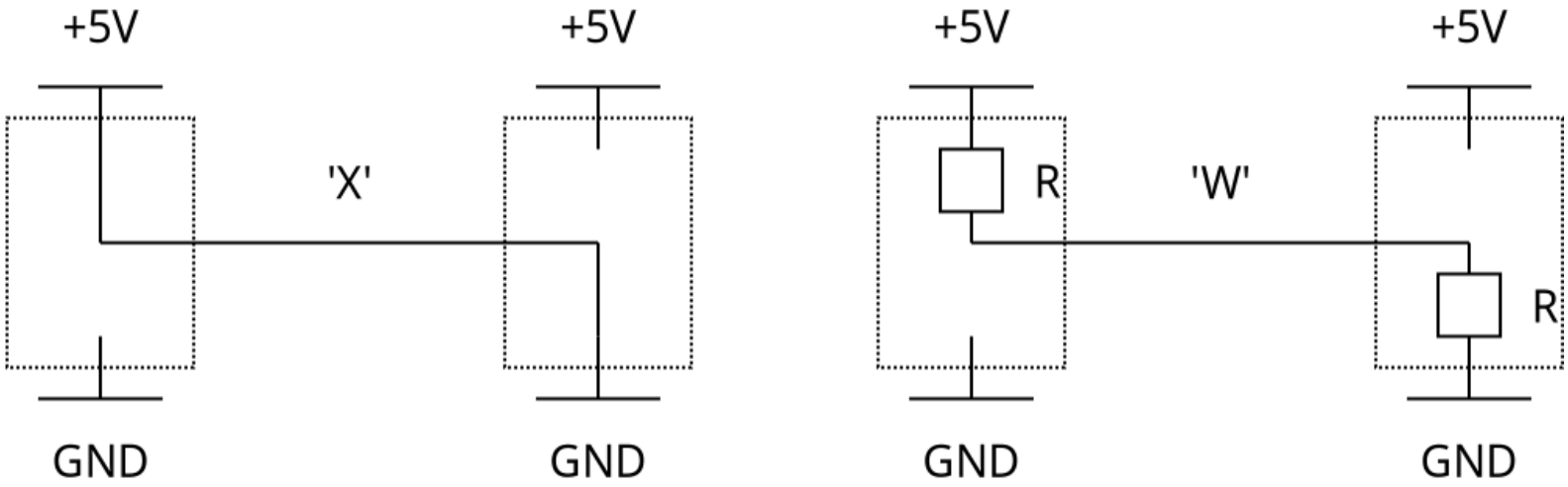
STD_LOGIC / IEEE 1164 – Verbindungen



	'0'	'1'	'L'	'H'	'Z'
'0'	'0'	?	'0'	'0'	'0'
'1'	?	'1'	'1'	'1'	'1'
'L'	'0'	'1'	'L'	?	'L'
'H'	'0'	'1'	?	'H'	'H'
'Z'	'0'	'1'	'L'	'H'	'Z'



STD_LOGIC / IEEE 1164 – Verbindungen



'X' undefiniert

'W' schwach undefiniert



STD_LOGIC / IEEE 1164

	'0'	'1'	'L'	'H'	'Z'
'0'	'0'	'X'	'0'	'0'	'0'
'1'	'X'	'1'	'1'	'1'	'1'
'L'	'0'	'1'	'L'	'W'	'L'
'H'	'0'	'1'	'W'	'H'	'H'
'Z'	'0'	'1'	'L'	'H'	'Z'

Zusätzlich:

'U' uninitialisiert



STD_LOGIC / IEEE 1164

Tabelle nach STD_LOGIG / IEEE 1164 (ohne '-'; don't care):

	'U'	'X'	'0'	'1'	'W'	'L'	'H'	'Z'
'U'	'U'	'X'	'U'	'U'	'U'	'U'	'U'	'U'
'X'	'X'	'X'	'X'	'X'	'X'	'X'	'X'	'X'
'0'	'U'	'X'	'0'	'X'	'0'	'0'	'0'	'0'
'1'	'U'	'X'	'X'	'1'	'1'	'1'	'1'	'1'
'W'	'U'	'X'	'0'	'1'	'W'	'W'	'W'	'W'
'L'	'U'	'X'	'0'	'1'	'W'	'L'	'W'	'L'
'H'	'U'	'X'	'0'	'1'	'W'	'W'	'H'	'H'
'Z'	'U'	'X'	'0'	'1'	'W'	'L'	'H'	'Z'



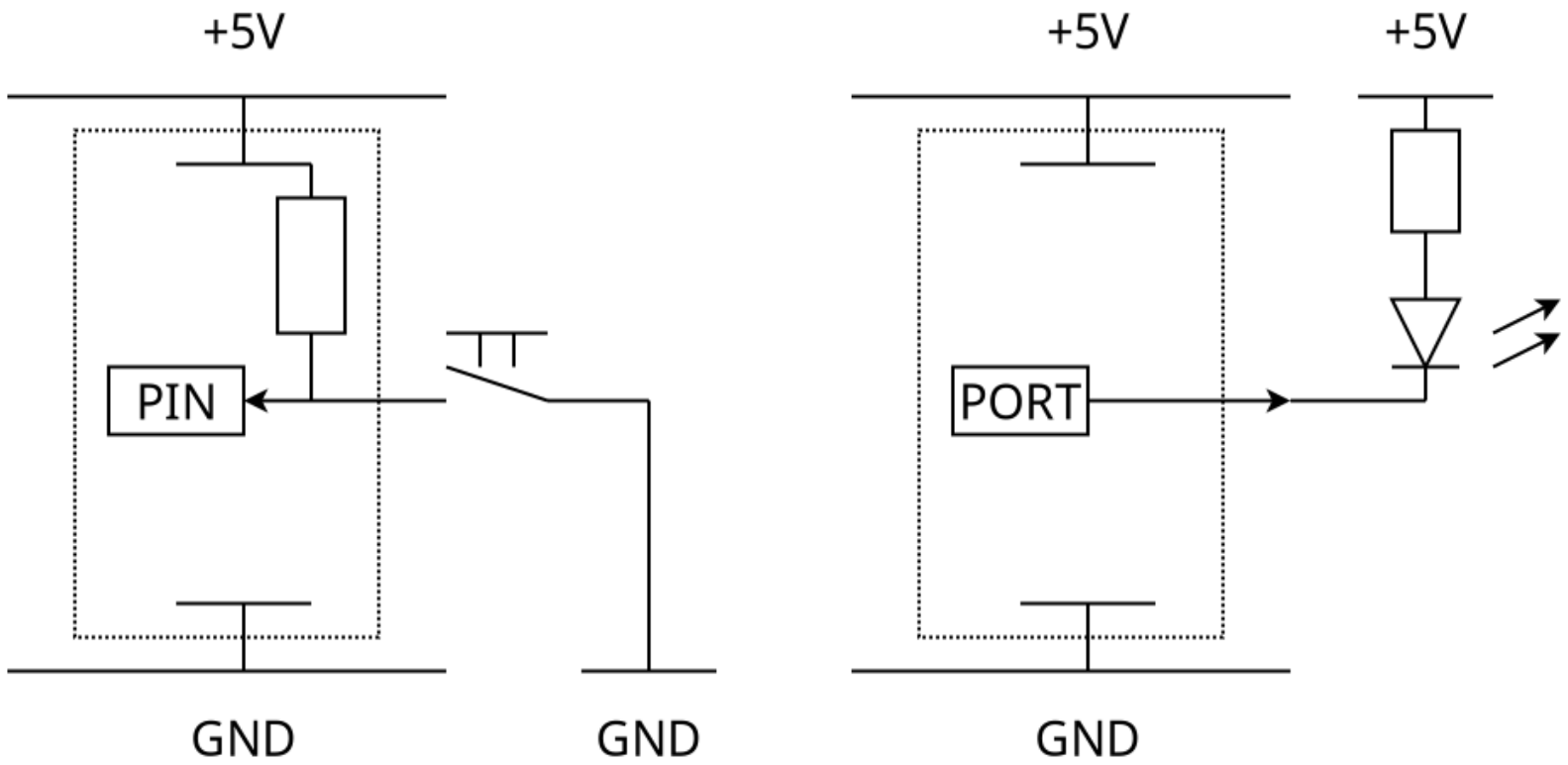
ATmega – I/O-Ports

ATmega:

DDR-Bit	PORT-Bit	Ausgang	
'0'	'0'	'Z'	Input
'0'	'1'	'H'	Pull-up
'1'	'0'	'0'	Output
'1'	'1'	'1'	Output



ATmega – I/O-Ports



Konfiguration:

Taster: DDR=0 (Input), PORT=1 (Pull-up), PIN=0/H

LEDs: DDR=1 (Output), PORT=0/1, (PIN=0/1)



sig_std_logic.{ch}

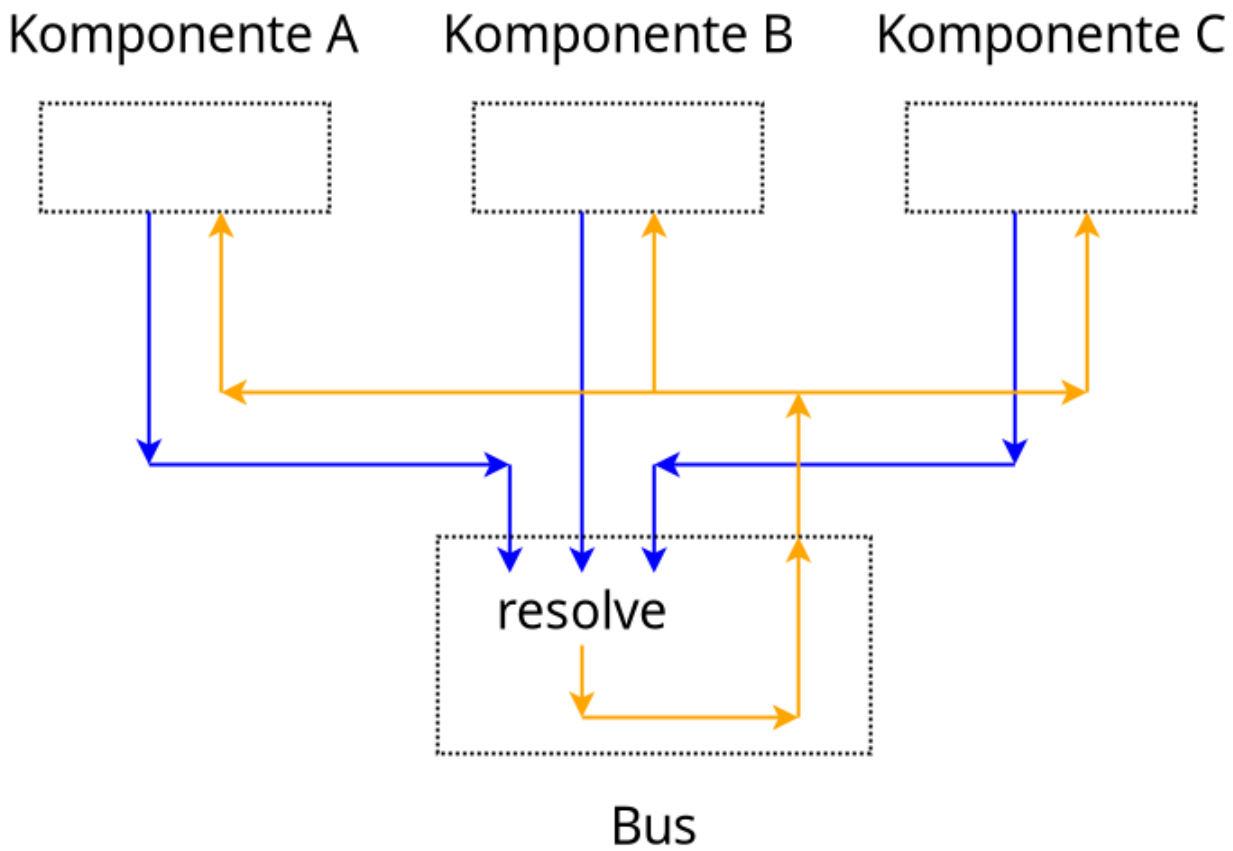
Framework-Implementierung stellt zur Verfügung:

- Konstanten `SIG_STD_LOGIC_0`, `SIG_STD_LOGIC_1`, ...
- Ausgabefunktion `sig_std_logic_set`
- Konfigurationsfunktionen `sig_std_logic_connect_{in,out}`
- Bus-Resolution



sig_std_logic.{ch}

Bus-Resolution:





sig_std_logic.{ch}

Framework-Implementierung ist so voreingestellt, dass `chip_atmel_atmega32_port_{a-d}{0-7}_out_set`-Methoden aufgerufen werden, wenn sich Signal am Port ändert.

Übergebener Wert `val` ist `SIG_STD_LOGIC_0` oder `SIG_STD_LOGIC_1` oder ...



sig_std_logic.{ch}

Chip-Simulation muss `SIG_STD_LOGIC_0`, `SIG_STD_LOGIC_1`, usw. ausgeben, wenn sich

- PORT-Wert ändert oder
- DDR-Wert ändert



ATmega-I/O-Ports

Update von DDR- bzw. PORT-Bit (pro Bit!):

```
...
if (ddr == 0) {
  /* Input */
  if (port == 0) {
    /* High impedance input. */
    sig_std_logic_set(cpssp->port_XX, cpssp, SIG_STD_LOGIC_Z);
  } else {
    /* Input with pull-up. */
    sig_std_logic_set(cpssp->port_XX, cpssp, SIG_STD_LOGIC_H);
  }
} else {
  /* Output */
  if (port == 0) {
    /* Output '0'. */
    sig_std_logic_set(cpssp->port_XX, cpssp, SIG_STD_LOGIC_0);
  } else {
    /* Output '1'. */
    sig_std_logic_set(cpssp->port_XX, cpssp, SIG_STD_LOGIC_1);
  }
}
...
```



ATmega-I/O-Ports

Aufruf Callback (pro Bit!):

```
void
..._out_set(void *_cpssp, unsigned int val)
{
  switch (val) {
  case SIG_STD_LOGIC_0:
  case SIG_STD_LOGIC_L:
    PIN = 0;
    break;
  case SIG_STD_LOGIC_1:
  case SIG_STD_LOGIC_H:
    PIN = 1;
    break;
  default:
    ?!?
  }
}
```



ATmega-Analog-Ports

Für AD-Wandler:

In `val` hineincodiert:

- Spannung (in mV)
- Stromstärke (in mA)

```
void
..._out_set(void *_cpssp, unsigned int val)
{
  unsigned int voltage = SIG_mV(val);
  unsigned int current = SIG_mA(val);

  ...
}
```

