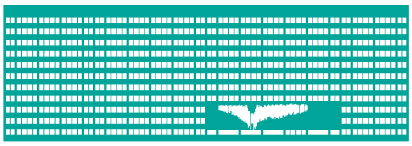
VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | VSB TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA



www.vsb.cz

1

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Lecture No.7
MaSD

doc. Ing. Jaromír Škuta Ph.D.
Tel: +420 59699 4119
jaromir.skuta@vsb.cz

2

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

What will you know?

- Intelligent sensors
- I2C, SPI communication
- Custom communication protocol
- What is a MEMs system
- Basic circuit - circuit elements for MEMs function according to the assignment
- Description of SPI communication
- Description of the CAN bus (physical layer, CAN bus frames)
- Configuration Frameworks for MEMs Systems
- … .

3

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Definition

- The sensor is

4

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Inteligentní senzor

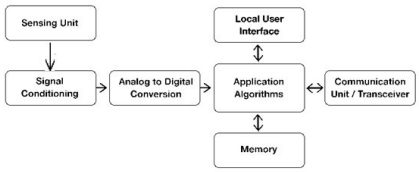
- **SMART sensors** are devices

- They include:

5

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Block diagram of the smart sensor



6

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Parts of intelligent sensors

- **entrance area:**

7

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Parts of intelligent sensors

- **inner part:**

8

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Parts of intelligent sensors

- **Output part:**

9

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Advantages of Smart Sensors 1/2

Reduction and compensation of interference influences on the measuring transmitter and output signal

10

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Advantages of Smart Sensors 2/2

Data integrity check

11

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Disadvantages of Smart Sensors

- Price
- Limited use in harsh conditions

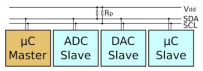
12

Use of intelligent sensors

- Temperature
- Pressure
- Strength
- Flow
- Vibration
- Acceleration
- etc.

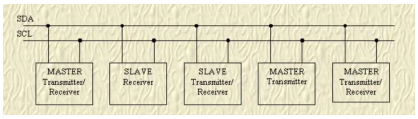
Inter-circuit communication

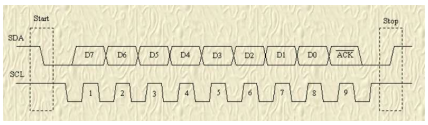
Inter-circuit communication I2C



- The I2C bus (I2C-bus, Inter-IC-bus) is a two-wire

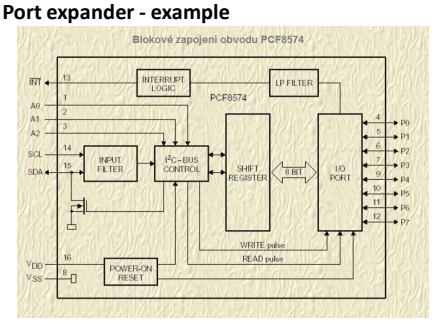
Inter-circuit communication I2C





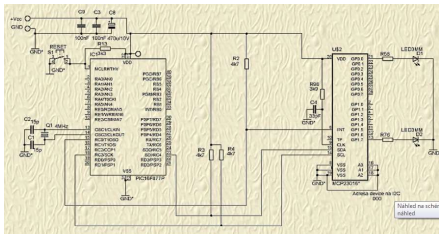
16

Port expander - example



17

Connection with uP - example



18

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

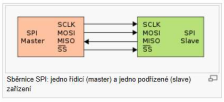
SPI inter-circuit communication

- **SPI** is an inter-circuit communication

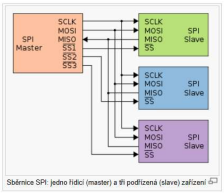
- The basis of communication is the /CS, SDI, SDO, SPC signals.
- In a three-wire connection,

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

SPI inter-circuit communication



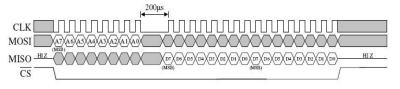
Sběrnice SPI: jedno řídicí (master) a jedno podřízené (slave) zařízení



Sběrnice SPI: jedno řídicí (master) a tři podřízená (slave) zařízení

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Illustrative and real time course of signals on SPI



VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

MEMs Systems and CAN Bus

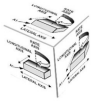
Ing. Jaromír Škuta, Ph.D.

esf evropský sociální fond v ČR | EVROPSKÁ UNIE | MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY | OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

22

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Entering the solved problem "Synchronous acceleration measurement"
Practical use of knowledge



23

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

What is a MEMs system

- MEMs systems - these are mainly motion sensors (accelerometers, gyroscopes...), but

24

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

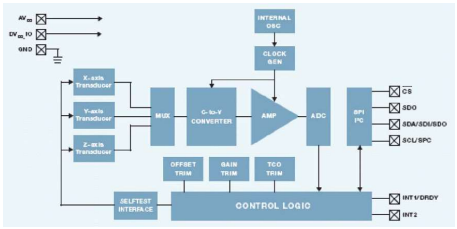
MMA 7456

- Digital Output (I2C/SPI)
- 3mm x 5mm x 1mm LGA-14 Package
- Self-Test for Z-Axis
- Low Voltage Operation: 2.4 V – 3.6 V
- User Assigned Registers for Offset Calibration
- Programmable Threshold Interrupt Output
- Level Detection for Motion Recognition (Shock, Vibration, Freefall)
- Pulse Detection for Single or Double Pulse Recognition
- Sensitivity (64 LSB/g @ 2g and @ 8g in 10-Bit Mode)
- Selectable Sensitivity (±2g, ±4g, ±8g) for 8-bit Mode
- Robust Design, High Shocks Survivability (5,000g)
- RoHS Compliant
- Environmentally Preferred Product
- Low Cost

25

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

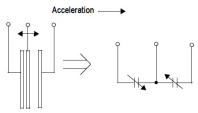
Block diagram MMA7456

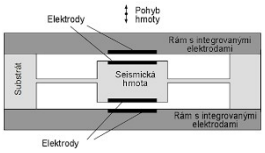


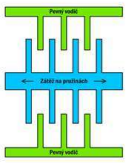
26

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Princip MMA7456







27

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Map of registers MMA745

Address	Name	Definition	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
$00	XOUTL	10 bits output value X LSB	XOUT[7]	XOUT[6]	XOUT[5]	XOUT[4]	XOUT[3]	XOUT[2]	XOUT[1]	XOUT[0]
$01	XOUTH	10 bits output value X MSB	--	--	--	--	--	--	XOUT[9]	XOUT[8]
$02	YOUTL	10 bits output value Y LSB	YOUT[7]	YOUT[6]	YOUT[5]	YOUT[4]	YOUT[3]	YOUT[2]	YOUT[1]	YOUT[0]
$03	YOUTH	10 bits output value Y MSB	--	--	--	--	--	--	YOUT[9]	YOUT[8]
$04	ZOUTL	10 bits output value Z LSB	ZOUT[7]	ZOUT[6]	ZOUT[5]	ZOUT[4]	ZOUT[3]	ZOUT[2]	ZOUT[1]	ZOUT[0]
$05	ZOUTH	10 bits output value Z MSB	--	--	--	--	--	--	ZOUT[9]	ZOUT[8]
$06	XOUT8	8 bits output value X	XOUT[7]	XOUT[6]	XOUT[5]	XOUT[4]	XOUT[3]	XOUT[2]	XOUT[1]	XOUT[0]
$07	YOUT8	8 bits output value Y	YOUT[7]	YOUT[6]	YOUT[5]	YOUT[4]	YOUT[3]	YOUT[2]	YOUT[1]	YOUT[0]
$08	ZOUT8	8 bits output value Z	ZOUT[7]	ZOUT[6]	ZOUT[5]	ZOUT[4]	ZOUT[3]	ZOUT[2]	ZOUT[1]	ZOUT[0]
$09	STATUS	Status registers	--	--	--	--	--	PERR	DOVR	DRDY
$0A	DETSRC	Detection source registers	LDX	LDY	LDZ	PDX	PDY	PDZ	INT2	INT1
$0B	TOUT	*Temperature output value* (Optional)	TMP[7]	TMP[6]	TMP[5]	TMP[4]	TMP[3]	TMP[2]	TMP[1]	TMP[0]
$0C		(Reserved)	--	--	--	--	--	--	--	--
$0D	I2CAD	I^2C device address	I2CDIS	DAD[6]	DAD[5]	DAD[4]	DAD[3]	DAD[2]	DAD[1]	DAD[0]
$0E	USRINF	User information (Optional)	UID[7]	UID[6]	UID[5]	UID[4]	UID[3]	UID[2]	UID[1]	UID[0]
$0F	WHOAMI	"Who am I" value (Optional)	ID[7]	ID[6]	ID[5]	ID[4]	ID[3]	ID[2]	ID[1]	ID[0]
$10	XOFFL	Offset drift X value (LSB)	XOFF[7]	XOFF[6]	XOFF[5]	XOFF[4]	XOFF[3]	XOFF[2]	XOFF[1]	XOFF[0]
$11	XOFFH	Offset drift X value (MSB)	--	--	--	--	--	XOFF[10]	XOFF[9]	XOFF[8]
$12	YOFFL	Offset drift Y value (LSB)	YOFF[7]	YOFF[6]	YOFF[5]	YOFF[4]	YOFF[3]	YOFF[2]	YOFF[1]	YOFF[0]
$13	YOFFH	Offset drift Y value (MSB)	--	--	--	--	--	YOFF[10]	YOFF[9]	YOFF[8]
$14	ZOFFL	Offset drift Z value (LSB)	ZOFF[7]	ZOFF[6]	ZOFF[5]	ZOFF[4]	ZOFF[3]	ZOFF[2]	ZOFF[1]	ZOFF[0]
$15	ZOFFH	Offset drift Z value (MSB)	--	--	--	--	--	ZOFF[10]	ZOFF[9]	ZOFF[8]
$16	MCTL	Mode control	--	DRPD	SPI3W	STON	GLVL[1]	GLVL[0]	MODE[1]	MODE[0]
$17	INTRST	Interrupt latch reset	--	--	--	--	--	--	CLRINT2	CLRINT1
$18	CTL1	Control 1	DFBW	THOPT	ZDA	YDA	XDA	INTRK[1]	INTRK[0]	INTPIN
$19	CTL2	Control 2	--	--	--	--	--	DRVO	PDPL	LDPL
$1A	LDTH	Level detection threshold limit value	LDTH[7]	LDTH[6]	LDTH[5]	LDTH[4]	LDTH[3]	LDTH[2]	LDTH[1]	LDTH[0]
$1B	PDTH	Pulse detection threshold limit value	PDTH[7]	PDTH[6]	PDTH[5]	PDTH[4]	PDTH[3]	PDTH[2]	PDTH[1]	PDTH[0]
$1C	PW	Pulse duration value	PD[7]	PD[6]	PD[5]	PD[4]	PD[3]	PD[2]	PD[1]	PD[0]
$1D	LT	Latency time value	LT[7]	LT[6]	LT[5]	LT[4]	LT[3]	LT[2]	LT[1]	LT[0]
$1E	TW	Time window for 2nd pulse value	TW[7]	TW[6]	TW[5]	TW[4]	TW[3]	TW[2]	TW[1]	TW[0]
$1F		(Reserved)	--	--	--	--	--	--	--	--

28

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Example of configuring MMA7456 registries

$16: Mode Control Register (Read/Write)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Bit
--	DRPD	SPI3W	STON	GLVL[1]	GLVL[0]	MODE[1]	MODE[0]	Function
0	0	0	0	0	0	0	0	Default

Table 10. Configuring the g-Select for 8-bit output using Register $16 with GLVL[1:0] bits

GLVL [1:0]	g-Range	Sensitivity
00	8g	16 LSB/g
01	2g	64 LSB/g
10	4g	32 LSB/g

GLVL [1:0]
00: 8g is selected for measurement range.
10: 4g is selected for measurement range.
01: 2g is selected for measurement range.

MODE [1:0]
00: Standby Mode
01: Measurement Mode
10: Level Detection Mode
11: Pulse Detection Mode

STON
0: Self-test is not enabled
1: Self-test is enabled

SPI3W
0: SPI is 4 wire mode
1: SPI is 3 wire mode

DRPD
0: Data ready status is output to INT1/DRDY PIN
1: Data ready status is not output to INT1/DRDY PIN

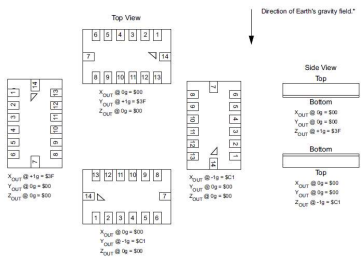
Table 11. Configuring the Mode using Register $16 with MODE[1:0] bits

MODE [1:0]	Function
00	Standby Mode
01	Measurement Mode
10	Level Detection Mode
11	Pulse Detection Mode

29

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Sensor positions MMA7456



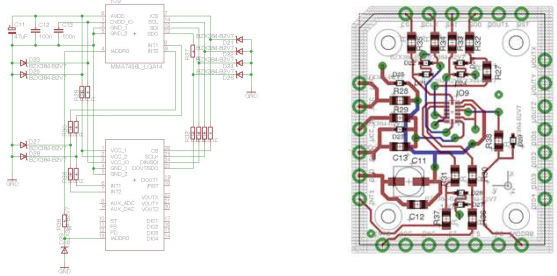
30

Evaluate MMA7456 data

FS Mode	Acceleration	Output
2g Mode	-2g	$80
	-1g	$C1
	0g	$00
	+1g	$3F
	+2g	$7F
4g Mode	-4g	$80
	-1g	$E1
	0g	$00
	+1g	$1F
	+4g	$7F
8g Mode	-8g	$80
	-1g	$F1
	0g	$00
	+1g	$0F
	+8g	$7F

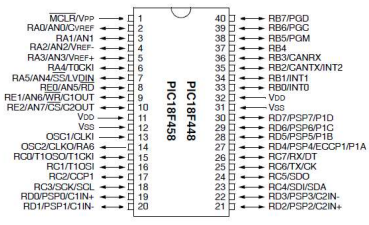
31

Connection with MMA7456



32

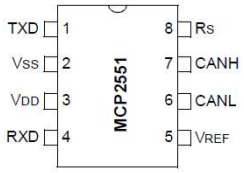
Description of the single-chip processor



33

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

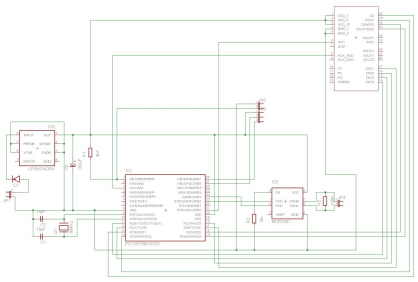
Physical layer converter for CAN

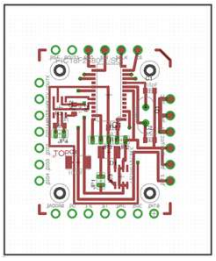


34

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Wiring with PIC 16F258





35

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

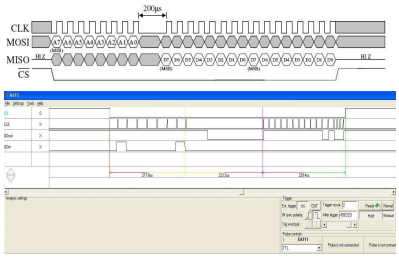
SPI communication

- SPI is an inter-circuit communication
-

36

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Time waveform of signals on SPI



37

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

SPI communication MMA 7456

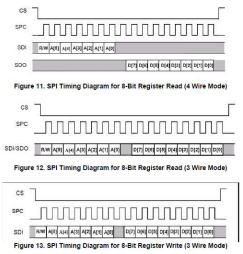


Figure 11. SPI Timing Diagram for 8-Bit Register Read (4 Wire Mode)

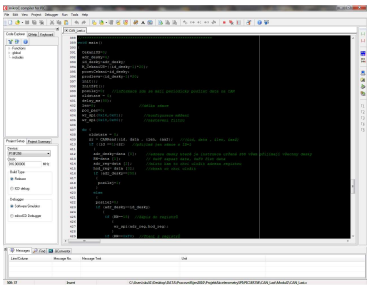
Figure 12. SPI Timing Diagram for 8-Bit Register Read (3 Wire Mode)

Figure 13. SPI Timing Diagram for 8-Bit Register Write (3 Wire Mode)

38

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Example application for a MCU



39

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Module requirements - firmware

- Enabling the setting of sensor registers via the CAN bus
-
-
- Cyclic reading of data from individual sensors

40

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

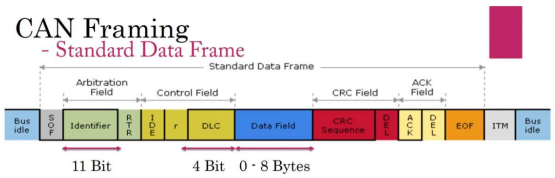
CAN bus

- Two-wire serial data bus

41

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

CAN bus



42

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

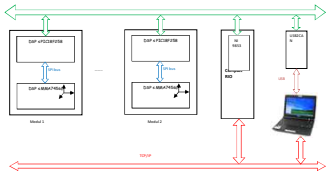
Configuration Frame for MEMs Systems

Byte	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
C1	255	x	x	x	x	x	x	x
	Reading from all connected							
C2	ID_m	128	x	x	x	x	x	x
	reading from only one board							
C3	ID_m	1	ms	us	x	x	x	x
	setting time ints.							
C4	ID_m	15	Adr	Hod	x	x	x	x
	Writing to sensor registers							
C5	ID_m	240	Adr	x	x	x	x	x
	Reading from sensor registers							

43

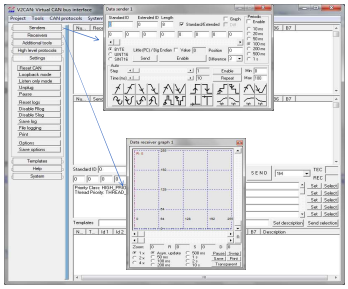
VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Link the end job



44

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ



45

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Verification measurement procedure - Synchronizing data frames

- Connect individual modules to the network using RJ-45 connection modules

.

46

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

What did you learn?

- Intelligent sensors
- I2C, SPI communication
- Custom communication protocol
- What is a MEMs system
- Basic circuit - circuit elements for MEMs function according to the assignment
- Description of SPI communication
- Description of the CAN bus (physical layer, CAN bus frames)
- Configuration Frameworks for MEMs Systems
- … .

47

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA STROJNÍ | KATEDRA AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKY A ŘÍZENÍ

Thank you for your attention

48