

3. Traadiga andmeside, andmesidesiinid, füüsiline kiht – I²C, SPI, RS-232, RS-422, RS-485

Peeter Ellervee

Andmeside ja -haldus (IEE1131)

Rein Paluoja

Eiko Priidel

I²C liides

- I²C (Inter IC) liides töötati välja 1980-ten firma Philips Semiconductors poolt
- I²C liides oli esialgselt mõeldud TV-trükkplaadil olevate kiipide omavaheliseks andmeedastuseks, et lihtsustada disaini
- I²C liides kasutab kahte signaalijuhet ja maaliini
- I²C-siin kasutab kahesuunalist andmeliini (SDA) ja ühesuunalist taktiliini (SCL)
- I²C-siinil (I²C bus) on üks või mitu MASTER kiipi, mis juhivad andmevahetust ning SLAVE kiibid, mida juhitakse MASTER kiipide poolt
- Sünkroonne pooldupleks (half duplex) andmeedastus

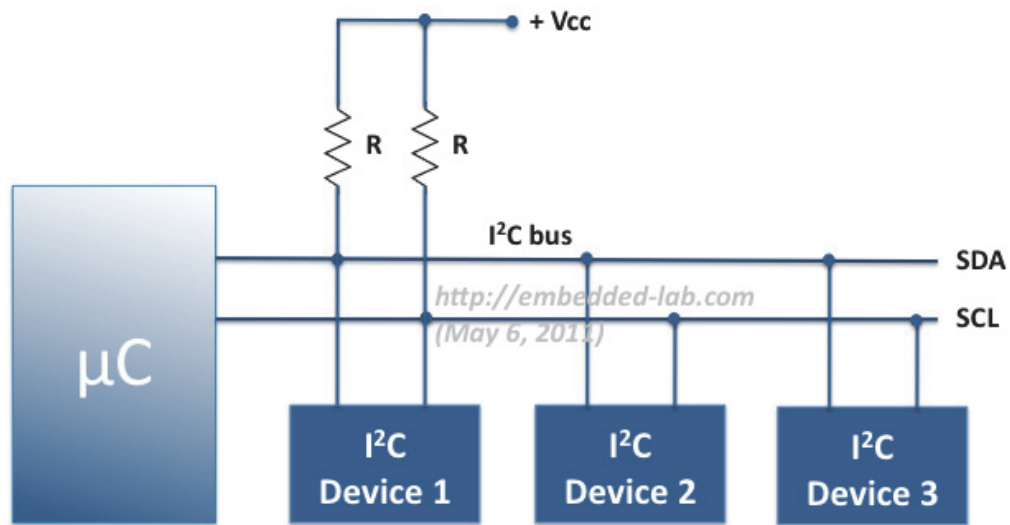
I²C takti genereerimine

- SCL takt (clock) genereeritakse alati MASTER kiibi poolt
- Standard spetsifitseerib maksimaalse taktsageduse
 - Standard mode 100 kbit/s
 - Full speed 400 kbit/s
 - Fast mode 1 Mbit/s
 - High speed 3.2 Mbit/s
- SLAVE võib kiirust vähendada hoides taktiliini madalana (clock stretching)
- SLAVE võib hoida taktiliini madalana lõpmatult kaua
- *Clock stretching* võib vea tõttu siini lukustada (lockdown)

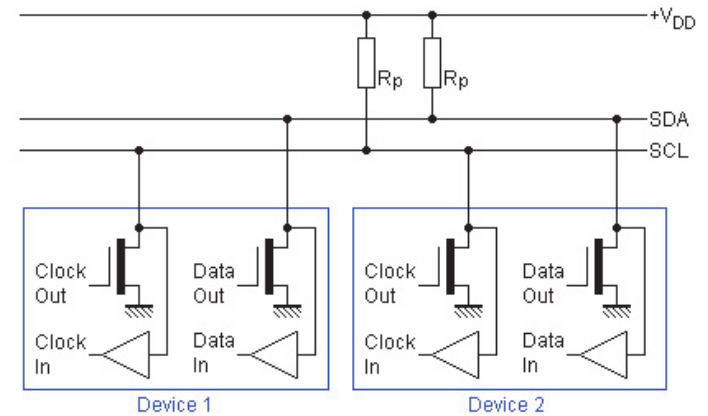
I²C siini arbitreerimine

- Multi-MASTER siini korral on vajalik siini arbitreerimine
- Kõik MASTER kiibid peavad siini olekut monitoorima, et vältida siini samaaegne kasutamine mitme MASTER kiibi poolt
- Kui MASTER avastab siini START oleku, katkestatakse andmevahetus
- Sellist meetodit kutsutakse siini arbitreerimiseks (bus arbitration)

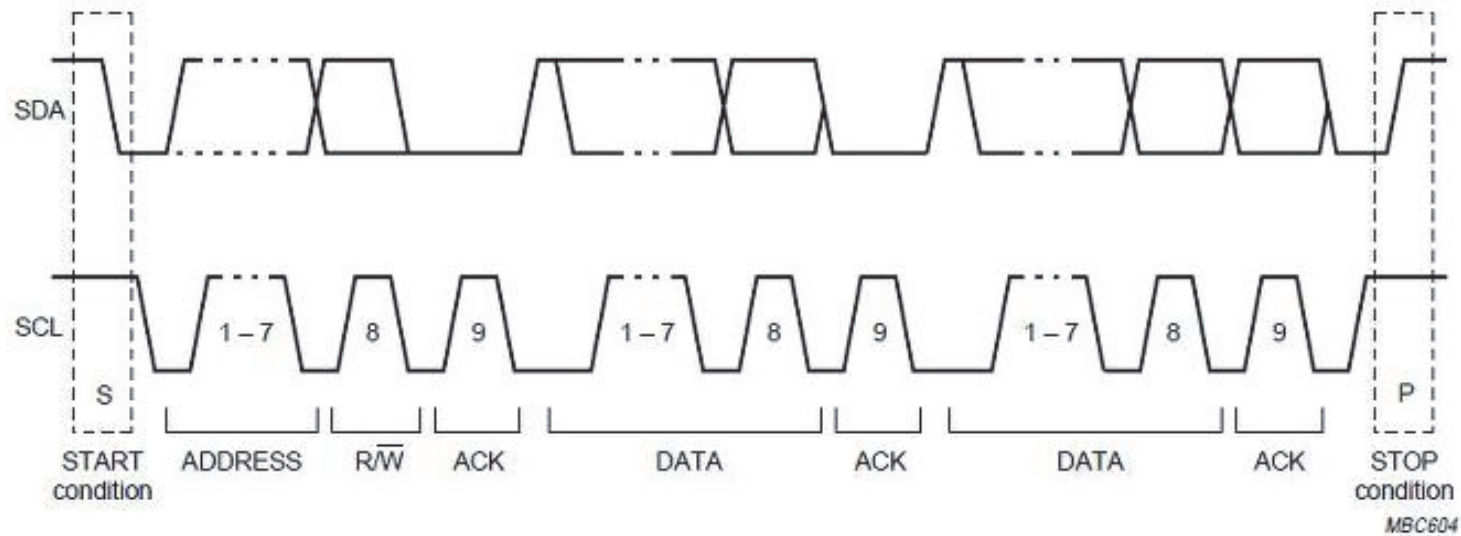
I²C liides



Multiple devices on common I²C bus

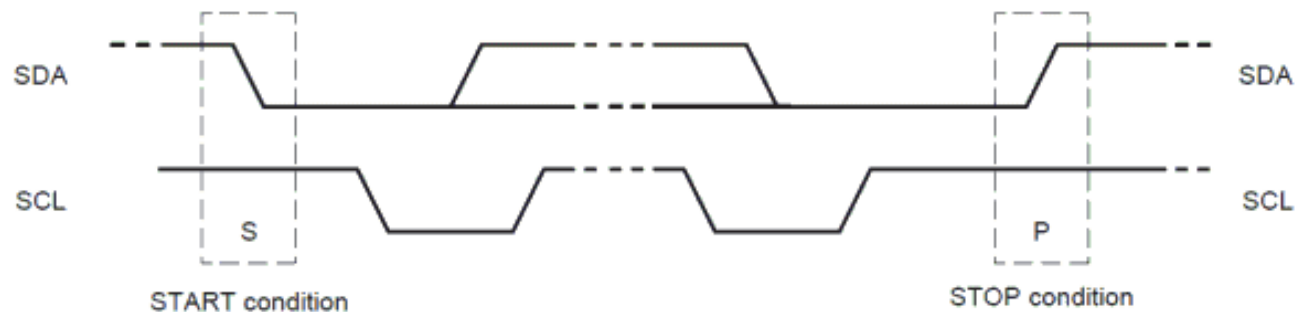


I²C liides



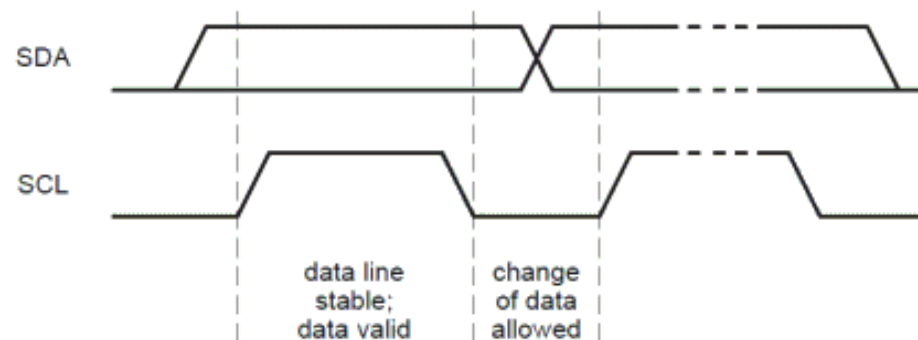
I²C siini olekud

- START olek
 - SCL olek on kõrge, SDA viiakse madalaks
- Korduv START
 - START oleku genereerimine ilma eelneva STOP olekuta
 - Võimaldab jätkata andmeedastust välistades teise MASTER kiibi siinile tulekut
- STOP olek
 - SDA olek on madal, SCL viiakse kõrgeks



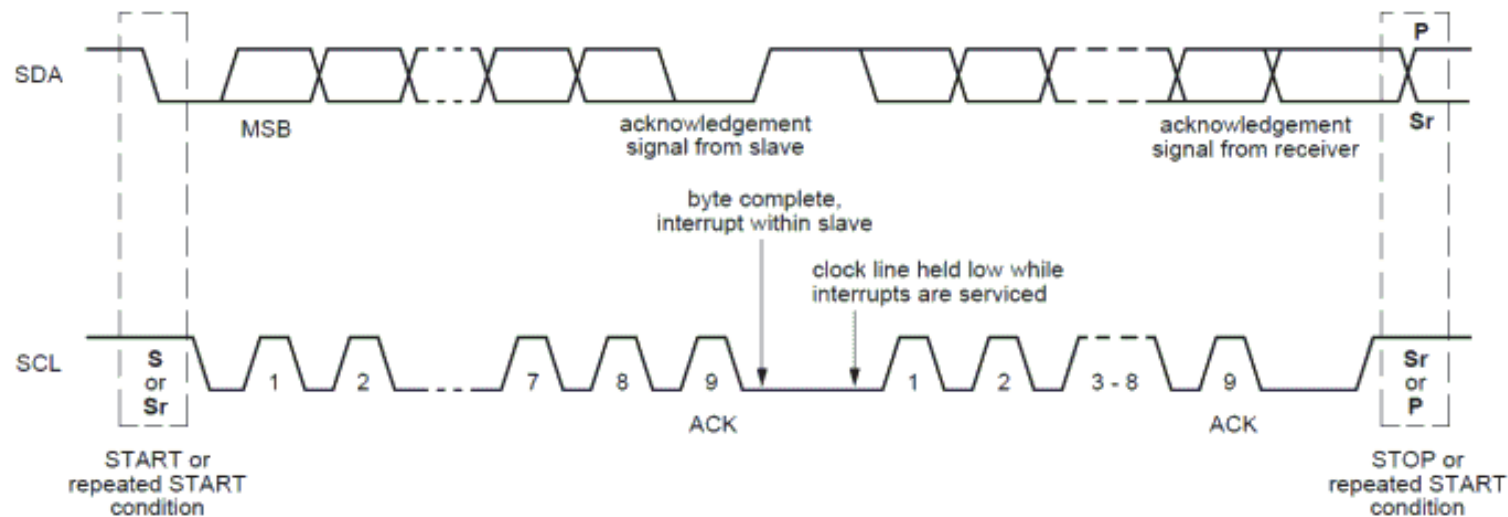
I²C siini olekud

- Biti edastamine
 - SCL signaali tõusvast frondist loetakse biti väärtus
 - SDA signaali võib muuta ainult siis, kui SCL signaal on madal



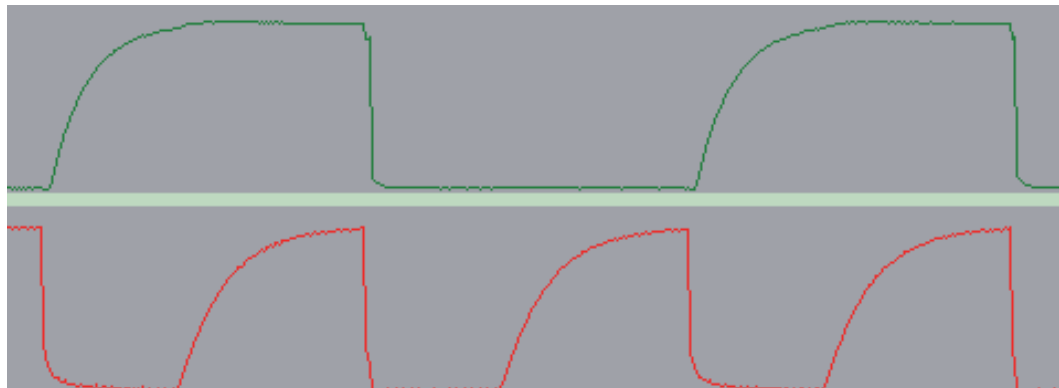
Andmeedastus I²C siinil

- Andmeedastus
 - Andmeid edastatakse baidi kaupa, MSB esimesena
 - Iga baidi järel peab SLAVE kiip signaliseerima baidi vastuvõtmist (ACK/NACK)



Signaalid I²C siinil

- I²C kiibid saavad SCL ja SDA liine ainult madalaks viia
- Liini kõrgeks viimine toimub „pull-up“ takisti abil
- I²C siini suhteliselt suure mahtuvuse (~300pF) tõttu on tõusvad frondid aeglased



I²C derivaadid

- SMBus – PC emaplaatide juhtimine ja monitooring
 - Veakontroll
 - Timeout
 - 100 kbit/s
- PMBus – Power Control and Management
 - Baseerub SMBus-l
 - Defineerib käsustiku toiteseadmete juhtimiseks ja monitooringuks
- TWI BUS – sisuliselt I²C siin
 - Loodud Atmel-i poolt, et vältida õiguslikke konflikte Philipsiga
 - Võimaldab 10-bitist adresseerimist

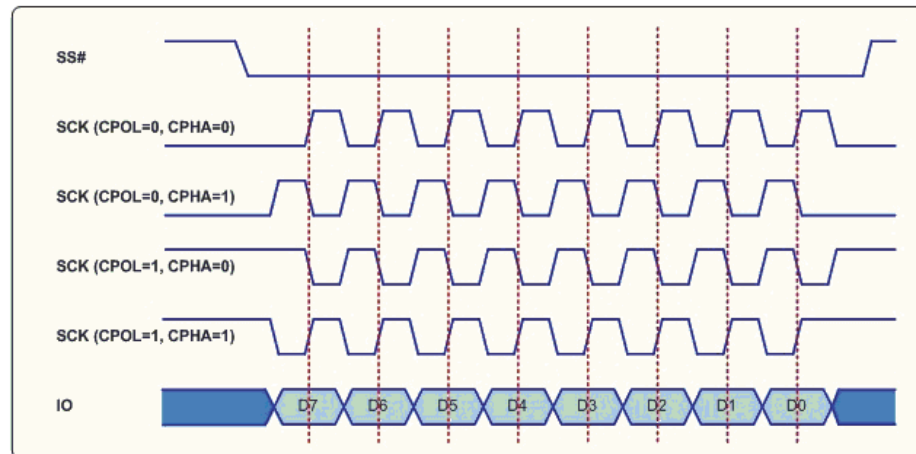
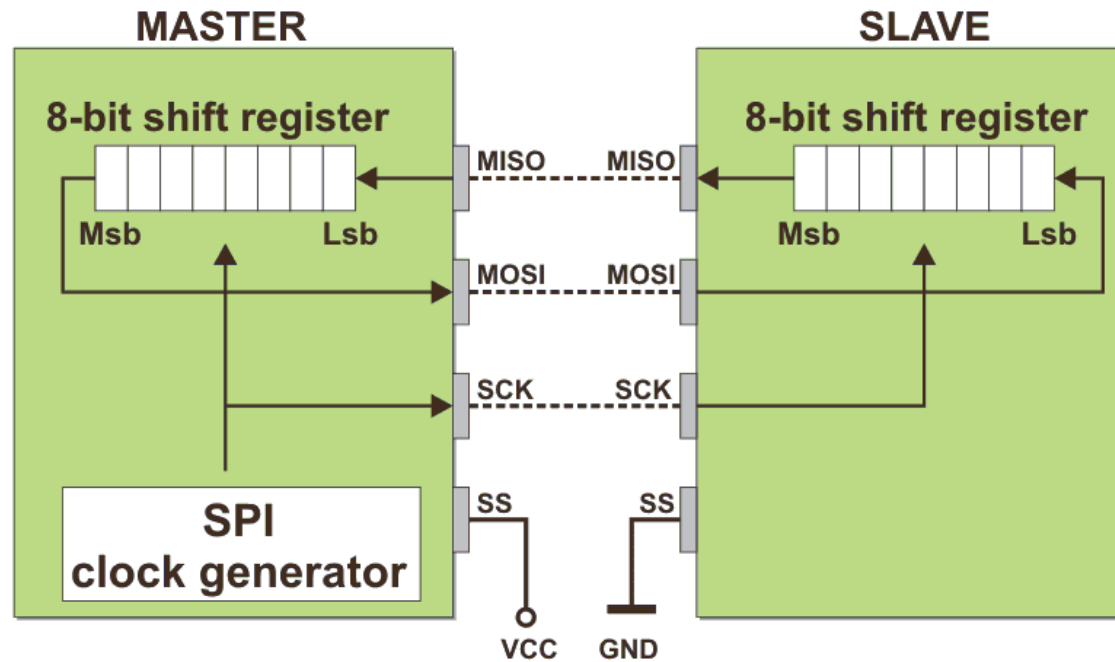
SPI liides

- Töötatud välja Motorola poolt
- Sünkroonne järjestikandmeedastuse standard
- MASTER/SLAVE mudel
- Võimaldab täisdupleks (full duplex) andmevahetust
- Andmeedastuskiirus >100 Mbit/s, tüüpiline 10 Mbit/s

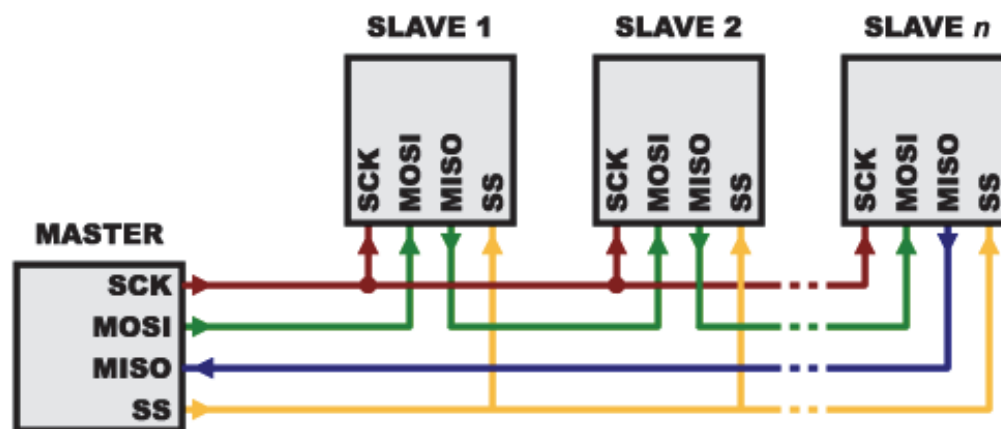
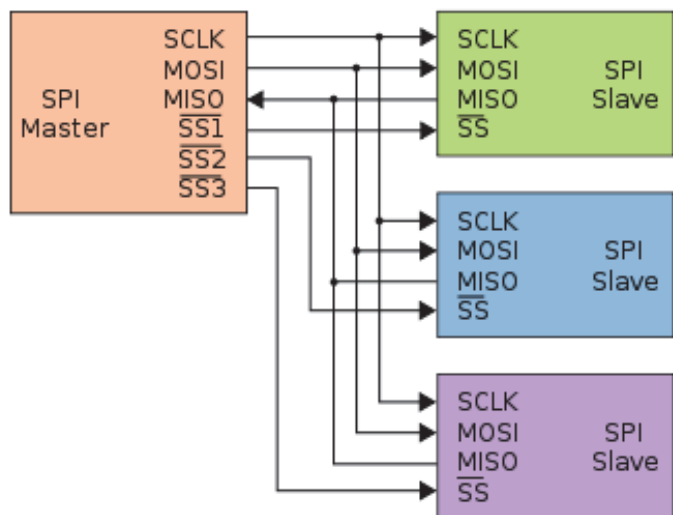
Signaalid SPI siinil

- MISO – Master IN Slave OUT
 - Andmed SLAVE kiibilt MASTER kiibile
- MOSI – Master OUT slave IN
 - Andmed MASTER kiibilt SLAVE kiibile
- SCK – Serial Clock
 - Genereeritakse MASTER kiibi poolt
- SS – Slave Select
 - Signaal SLAVE kiibi valikuks ja andmete kirjutamiseks registrisse

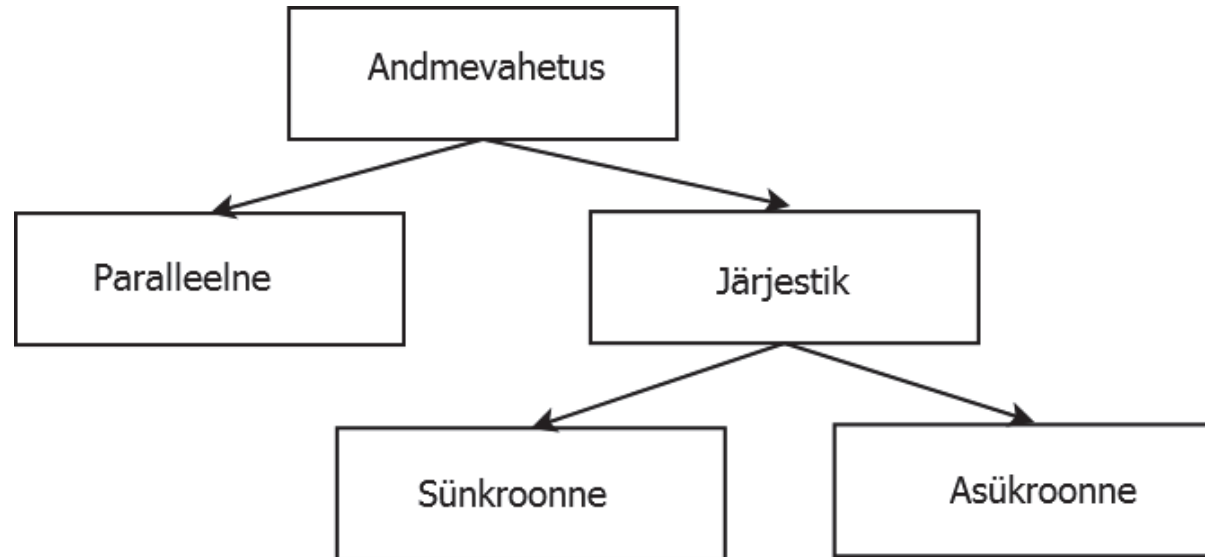
SPI liides



SPI liides

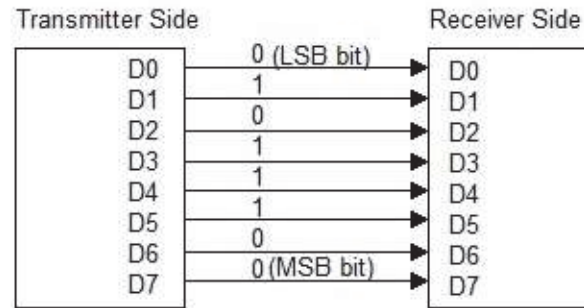


Järjestik- ja paralleelne andmeedastus

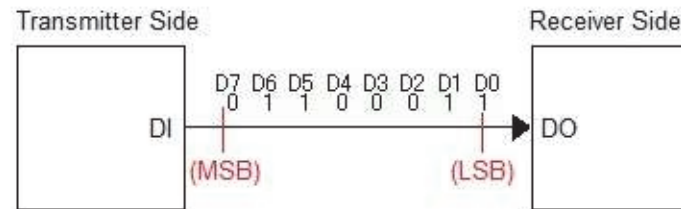


- Paralleelne
 - PC LPT liides
- Järjestik
 - PC COM liides (RS-232)
 - USB
 - HDMI
 - MIPI

Järjestik- ja paralleelne andmeedastus



Parallel Transmission



Serial Transmission

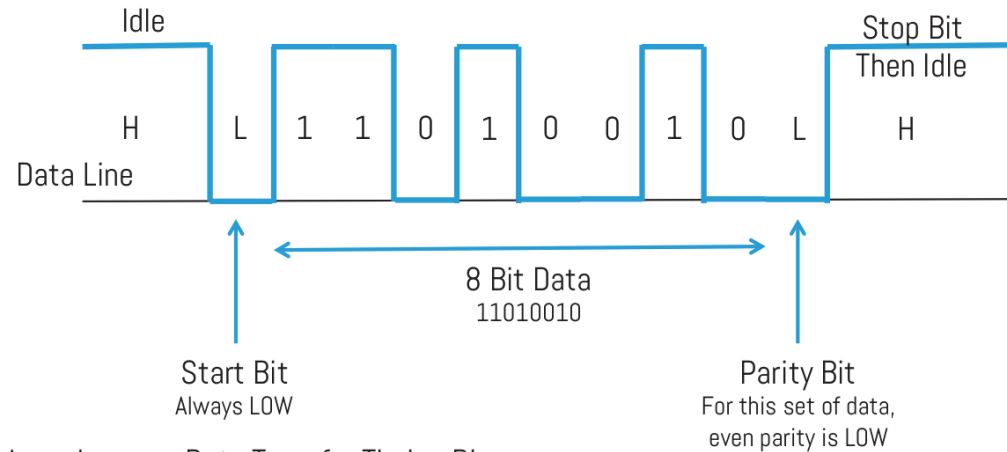
RF Wireless World

	Järjestik- andmeedastus	Paralleelne andmeedastus
Ajahetkega ülekantav andmehulk	1 bit	n bitti
Andmeliinide arv	1 liin	n liini
Kiirus	aeglane	kiire
Hind	odav	kallis
Kasutusvaldkond	andmeedastus pika vahemaa taha	lühike vahemaa, nt. protsessori ja mälu vahel

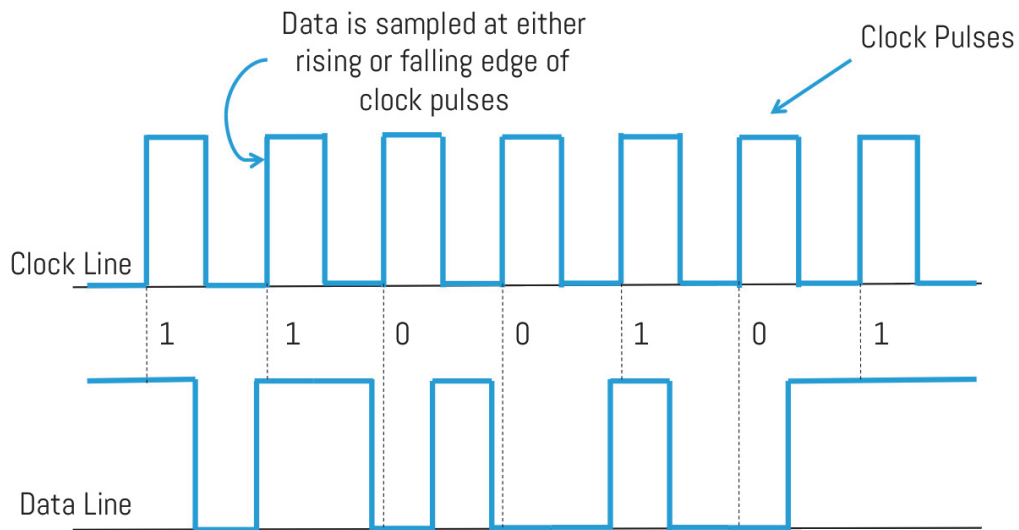
Sünkroonne ja asünkroonne andmeedastus

- Sünkroonne andmeedastus
 - Suur kiirus ja efektiivsus
 - Nõuab saatja ja vastuvõtja sünkroniseerimist
 - Sünkroniseerimissignaali edastus on keerukas või kallis
- Asünkroonne andmeedastus
 - Ei vaja sünkroniseerimissignaali
 - Kanali läbilaskevõime on väiksem
 - Madal efektiivsus

Sünkroonne ja asünkroonne andmeedastus



Asynchronous Data Transfer Timing Diagram



Synchronous Data Transfer Timing Diagram

Olulisemad rahvusvahelised standardiorganisatsioonid

- ISO: International Standards Organization
- ITU-T: International Telecommunications Union (ITU formerly CCITT)
- IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers
- IEC: International Electrotechnical Commission
- RS: Electronic Industries Association
- ANSI: American National Standards Institute
- EIA/TIA: Electronic Industries Association / Telecommunication Industries Association

TIA/EIA järjestikandmeedastuse standardid

- RS-232 and revisions C;D;E;F
- RS-449
- RS-423
- RS-422
- RS-485
- RS/TIA-530A
- RS/TIA-562

TIA/EIA järjestikandmeedastuse komponendid

- Kommunikatsioonisüsteemide komponendid
 - Andmete allikas (source) nt. arvuti
 - Saatja – konverteerib signaali ülekandeliinile sobivaks (transmitter; line driver)
 - Juurdepääsu tehnoloogia/sidekanal (communications link) – keerupaar, koaksiaalkaabel, fiiber, raadiolink jne.
 - Vastuvõtja (receiver) – konverteerib ülekandeliini signaali vastuvõtvale seadmele sobivaks

Standardiseerimise eesmärgid

- Saatja ja vastuvõtja peavad andmeedastuse toimimiseks kasutama sama standardit
- Standard spetsifitseerib suurt hulka parameetreid, millest tähtsaimad on
 - Liideste mehaanilised omadused, nt. pistikute tüübid ja väljaviikude funktsioonid
 - Ülekandeliinis kasutatavate liideste omadused nt. signaalide elektrilised ja ajalised parameetrid
 - Informatsiooni kodeerimismeetodid
 - Ülekantavate sümbolite tähendused
 - Andmevoo juhtimise meetodid
 - Vigade avastamise ja korrigeerimise meetodid

Sidekanal

- Sidekanali tööviis
 - Simpleksside (simplex communication) – ühesuunaline andmeside
 - Pooldupleksside (half duplex communication)
 - kahe-suunaline side, kus korraga saab saata ainult üks osapool
 - Dupleksside (full duplex communication) – kahe-suunaline side, kus mõlemad osapooled saavad andmeid saata ja vastu võtta samal ajal

Sidekanal

- Sidekanali tööviis (transmission mode)

Simplex



Half Duplex

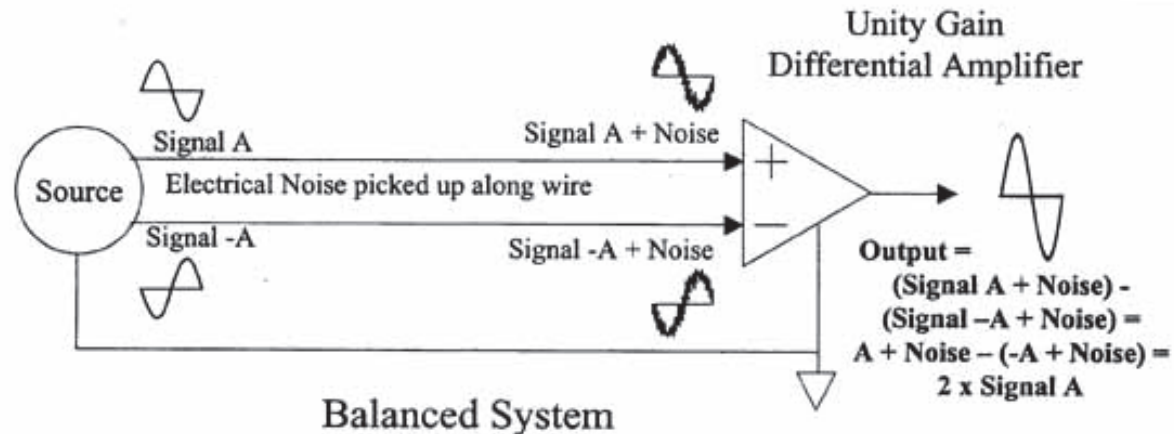
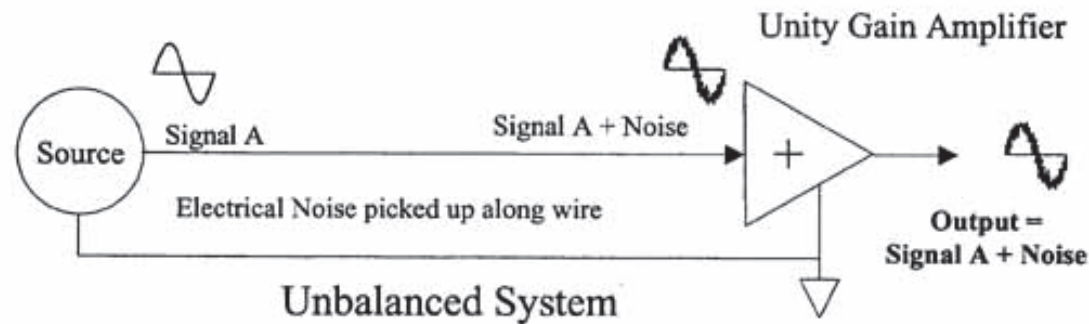


Full Duplex



Sidekanali häirekindlus

- Balansseeritud ja balansseerimata ülekandeliin



RS-232 liidese standard

- RS-232-C standard loodi 1968. a. ja oli ette nähtud arvuti ning terminali või modemi omavaheliseks ühenduseks
- Standard defineeris pistikute tüübid, signaalide nivood, andmeedastuskiiruse ja andmeformaadi, kuid ei defineerinud andmeedastusprotokolli
- Standardis on kaks olulist mõistet – DTE (Data Terminal Equipment), tüüpiliselt arvuti ja DCE (Data Circuit-terminating Equipment), tüüpiliselt modem

RS-232 liidese standard

- Standard defineerib kahe seadme vahel 25 elektrilist ühendust
 - Andmesignaaliid
 - Juhtsignaaliid
 - Ajastussignaaliid
 - Lisafunktsioonide signaaliid
- Lihtsa vookontrolliga ühenduse puhul piisab 2 andme- ja 4 juhtsignaaliist
- Ilma vookontrollita ühenduse puhul piisab kahest andmeliinist ja maandusest

RS-232 liidese standard

- Andmeliinide elektrilised parameetrid
 - RS-232 saatja
 - Loogiline „1“: -5 V kuni -25 V
 - Loogiline „0“: +5 V kuni +25 V
 - Määramata signaali nivoo: +5 V kuni -5 V
 - RS-232 vastuvõtja
 - Loogiline „1“: -3 V kuni -25 V
 - Loogiline „0“: +3 V kuni +25 V
 - Määramata signaali nivoo: +3 V kuni -3 V
- Voojuhtimissignaali nivood on samad, kuid vastasmärgiga

RS-232 liidese standard

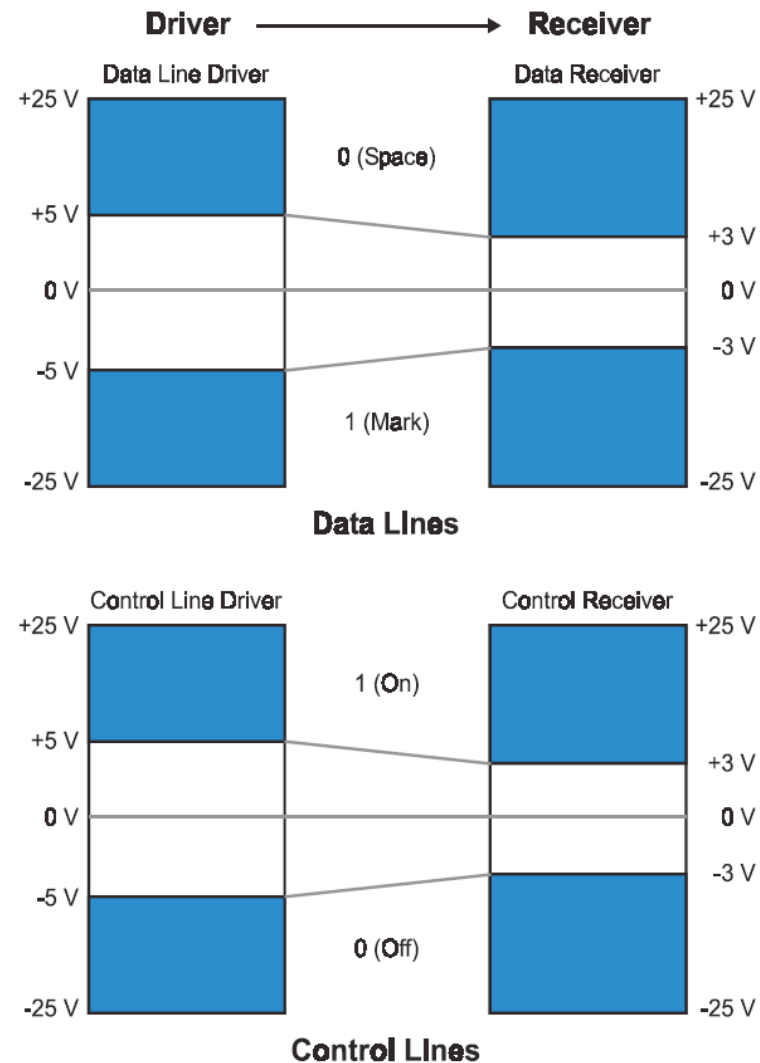


Figure 3.5
Voltage levels for RS-232

RS-232 liidese standard

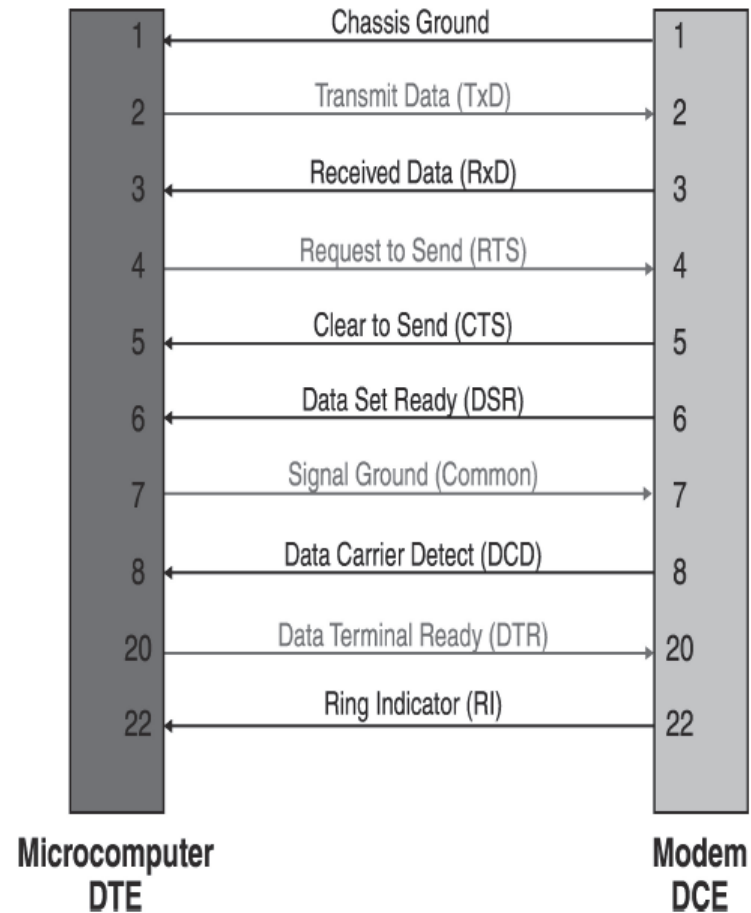
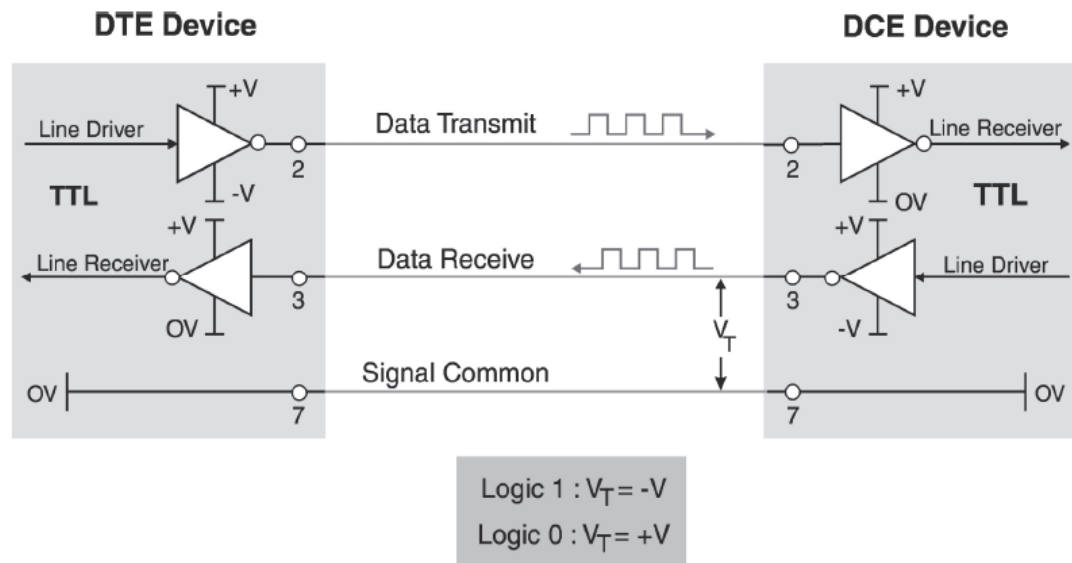


Figure 3.4
Connections between the DTE and the DCE

J. Park "Practical Data Communications for Instrumentation and Control"

RS-232 liidese standard

- Algupärane standard spetsifitseeris maksimaalseks kaabli pikkuseks 15 m ja andmeedastuskiiruseks 9600 bit/s
- Kaasaegsete lahenduste puhul on kaabli pikkus ja andmeedastuskiirus sõltuvalt saatja kiibist ja kaabli omadustest kordades suurem



Baud Rate	Cable Length (metres)
110	850
300	800
600	700
1200	500
2400	200
4800	100
9600	70
19 200	50
115 K	20

Figure 3.6
RS-232 transmitters and receivers
J. Park "Practical Data Communications for Instrumentation and Control"

Table 3.1
Demonstrated maximum cable lengths with RS-232 interface

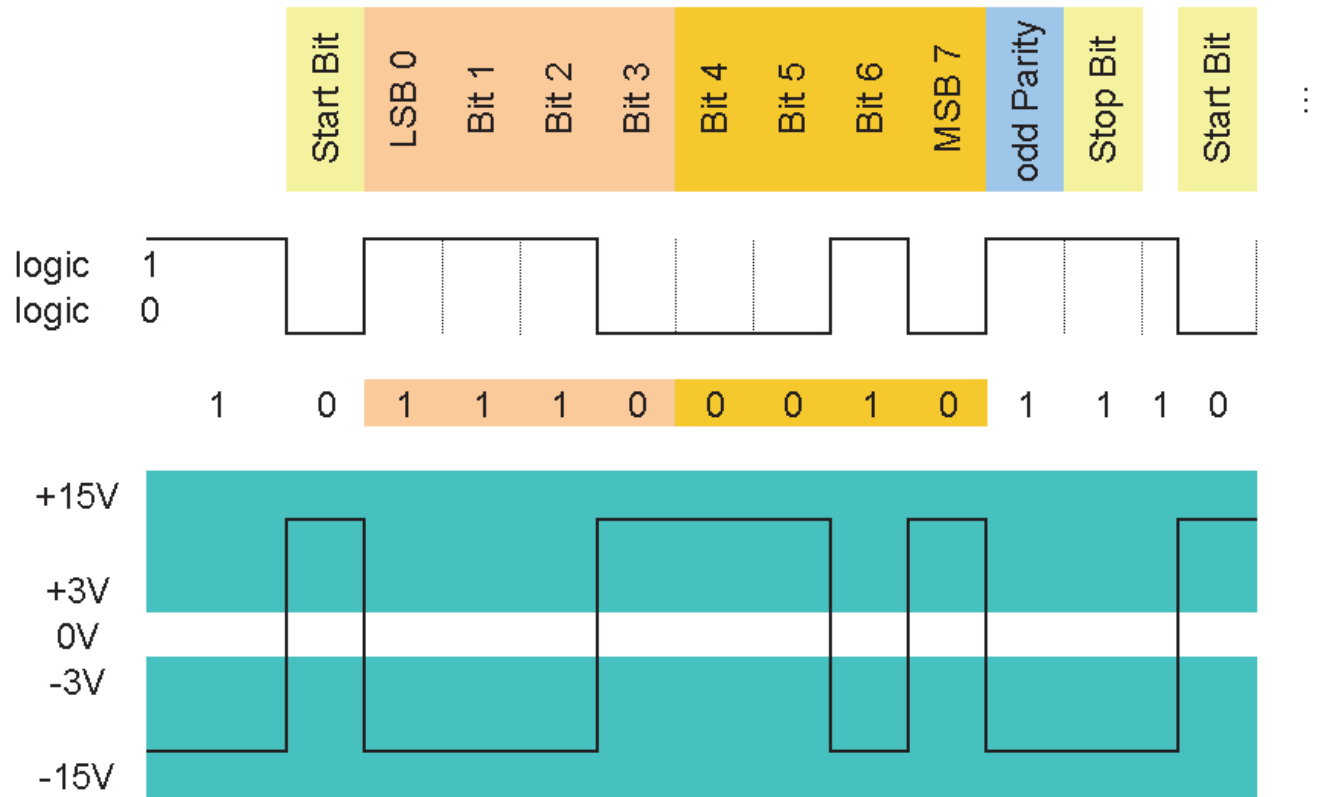
RS-232 liidese standard

- Andmeformaat
 - Start bit 1
 - Andmebitid 5;6;7;8
 - Paarsusbit even, odd, mark, space, none
 - Stop bit 1; 1.5; 2
- Edastuskiirus
 - 110; 300; 600; 1200; 2400; 4800; 9600; 19200; 38400; 57600; 115200
 - Sõltuvalt riistvarast ulatuvad mittestandardised kiirused megabittideni sekundis
- Vookontroll (flow control)
 - Riistvaraline – RTS / CTS
 - Tarkvaraline – XON / XOFF (0x11 / 0x13)

RS-232 liidese standard

Synchronisation
Data low & high
Check

9600 8O1 = 9600 Baud; 8 Databits; odd Parity; 1 Stopbit
ASCII "G" = \$47 = 0100 0111



RS-232 liidese standard

		MSB								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
LSB	HEX	BIN	000	001	010	011	100	101	110	111
	0	0000	(NUL)	(DLE)	Space	0	@	P	'	p
	1	0001	(SOH)	(DC1)	!	1	A	Q	a	q
	2	0010	(STX)	(DC2)	"	2	B	R	b	r
	3	0011	(ETX)	(DC3)	#	3	C	S	c	s
	4	0100	(EOT)	(DC4)	\$	4	D	T	d	t
	5	0101	(ENQ)	(NAK)	%	5	E	U	e	u
	6	0110	(ACK)	(SYN)	&	6	F	V	f	v
	7	0111	(BEL)	(ETB)	'	7	G	W	g	w
	8	1000	(BS)	(CAN)	(	8	H	X	h	x
	9	1001	(HT)	(EM)	)	9	I	Y	i	y
	A	1010	(LF)	(SUB)	*	:	J	Z	j	z
	B	1011	(VT)	(ESC)	+	;	K	[	k	{
	C	1100	(FF)	(FS)	,	<	L	\	l	|
	D	1101	(CR)	(GS)	-	=	M	]	m	}
	E	1110	(SO)	(RS)	.	>	N	^	n	~
F	1111	(SI)	(US)	/	?	O	-	o	DEL	

RS-232 liidese standard

- Mehaanilised liidesed
 - Pistikud/Pesad 9-pin Male/Female
 - Pistikud/Pesad 25-pin Male/Female

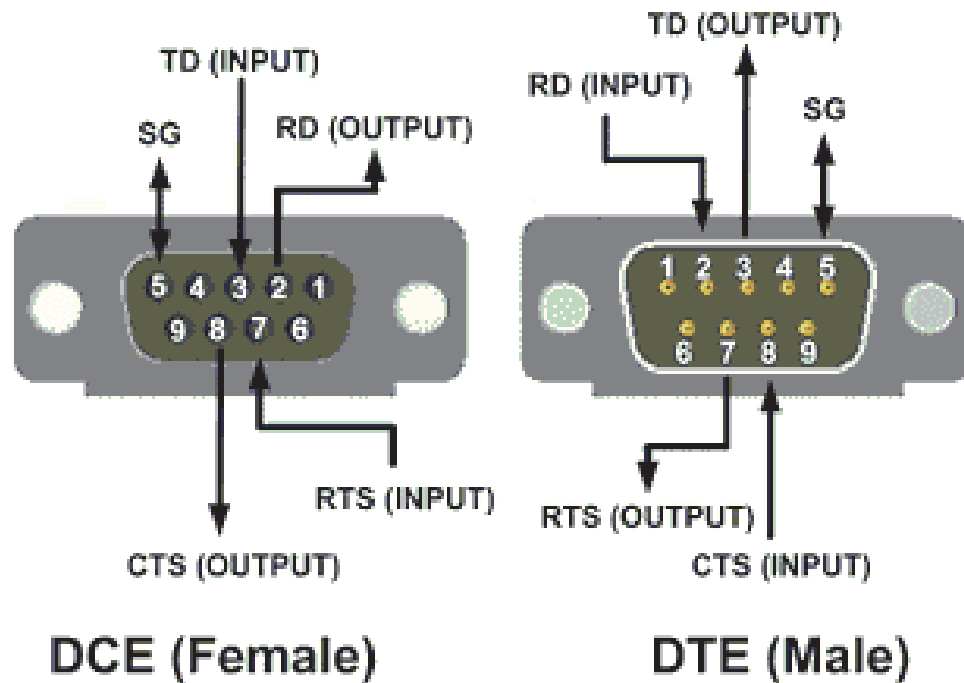


RS232- DB25 Connector



RS232- DB9 Connector

RS-232 liidese standard



RS-232 liidese standard

Modem Cable - Straight Cable DB9 to DB9

DTE Device (Computer) DB9			DTE to DCE Connections	DCE Device (Modem) DB9		
Pin#	DB9	RS-232 Signal Names	Signal Direction	Pin#	DB9	RS-232 Signal Names
#1	Carrier Detector (DCD)	CD	←	#1	Carrier Detector (DCD)	CD
#2	Receive Data (Rx)	RD	←	#2	Receive Data (Rx)	RD
#3	Transmit Data (Tx)	TD	→	#3	Transmit Data (Tx)	TD
#4	Data Terminal Ready	DTR	→	#4	Data Terminal Ready	DTR
#5	Signal Ground/Common (SG)	GND	→	#5	Signal Ground/Common (SG)	GND
#6	Data Set Ready	DSR	←	#6	Data Set Ready	DSR
#7	Request to Send	RTS	→	#7	Request to Send	RTS
#8	Clear to Send	CTS	←	#8	Clear to Send	CTS
#9	Ring Indicator	RI	←	#9	Ring Indicator	RI
Soldered to DB9 Metal - Shield				Soldered to DB9 Metal - Shield		
		FGND				FGND

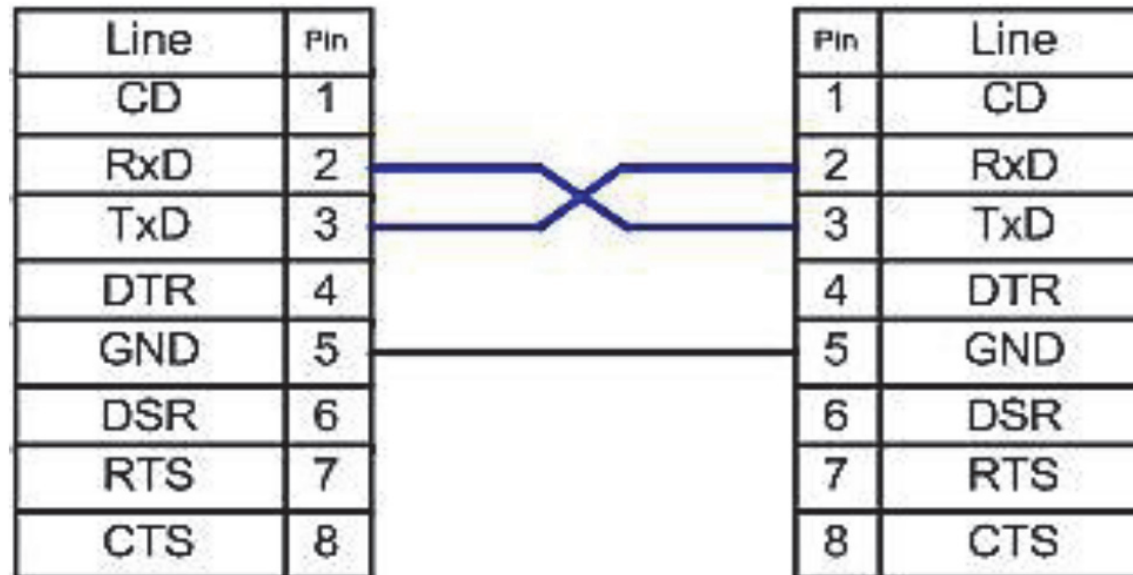
Modem to Modem Cable - Crossover Cable DB9 to DB9

DCE Device (Modem) DB9			DCE to DCE Connections	DCE Device (Modem) DB9		
Pin#	DB9	RS-232 Signal Names	Signal Direction	Pin#	DB9	RS-232 Signal Names
#1	Carrier Detector (DCD)	CD	←	#1	Carrier Detector (DCD)	CD
#2	Receive Data (Rx)	RD	←	#2	Receive Data (Rx)	RD
#3	Transmit Data (Tx)	TD	→	#3	Transmit Data (Tx)	TD
#4	Data Terminal Ready	DTR	→	#4	Data Terminal Ready	DTR
#5	Signal Ground/Common (SG)	GND	→	#5	Signal Ground/Common (SG)	GND
#6	Data Set Ready	DSR	←	#6	Data Set Ready	DSR
#7	Request to Send	RTS	→	#7	Request to Send	RTS
#8	Clear to Send	CTS	←	#8	Clear to Send	CTS
#9	Ring Indicator	RI	←	#9	Ring Indicator	RI
Soldered to DB9 Metal - Shield				Soldered to DB9 Metal - Shield		
		FGND				FGND

Note: Signal directions reversed if devices are DTE to DTE - "Null Modem" cable for DTE devices also connects pins #1 & #6 on each side to simulate Carrier (CD) which is required by some Terminal program software.

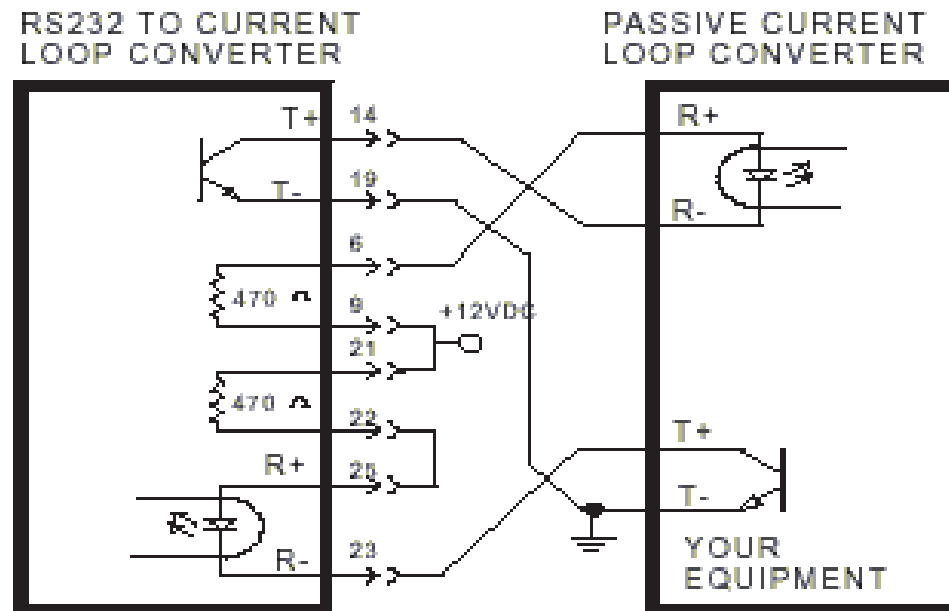
RS-232 liidese standard

- Kahe DTE omavaheliseks ühendamiseks kasutatakse „null-modem“ kaablit



RS-232 ja 20 mA Current loop

- Current loop (voolusilmus) ühendus
 - Üle kantakse voolu, mitte pinget
 - Väga häirekindel
 - Väga pikad ülekandeliinid (km)
 - Aeglane (max 9600 bit/s)
- Baseerub EIA RS-232 standardil, aga ei ole standardi osa



RS-232 liidese standard

- RS-232 puudused
 - Ühendus ainult kahe seadme vahel (point-to-point communication)
 - Seadmete vaheline kaugus on limiteeritud
 - Andmeside kiirus on madal
 - Häirekindlus on madal
 - Ülekandeliini liides vajab kõrgeid pingeid, mis nõuab spetsiifiliste elektroonikakomponentide kasutamist

RS-422 liidese standard

- RS-422 loodi 1970-ten ja oli mõeldud andmete edastamiseks pikema vahemaa taha, suurematel kiirustel ning häirekindlamalt
- Andmesiidin kasutab balansseeritud ülekanaliine
- Võimaldab ühendada ühe saatja külge mitu vastuvõtjat

RS-422 liidese standard

- RS-422 kasutab andmeedastuseks kahte keerupaari ja diferentsiaalseid signaale
- RS-422 standard ei defineeri protokolle, pistikute tüüpe ega pistikute väljaviike
- RS-422 standardit võib kasutada väga erinevates süsteemides ja rakendustes
- RS-422 standardit kasutavad seadmed ei pruugi pistikute ja väljaviikude osas olle kokkusobivad
- Standardiseeritud on vaid liidese füüsiline kiht

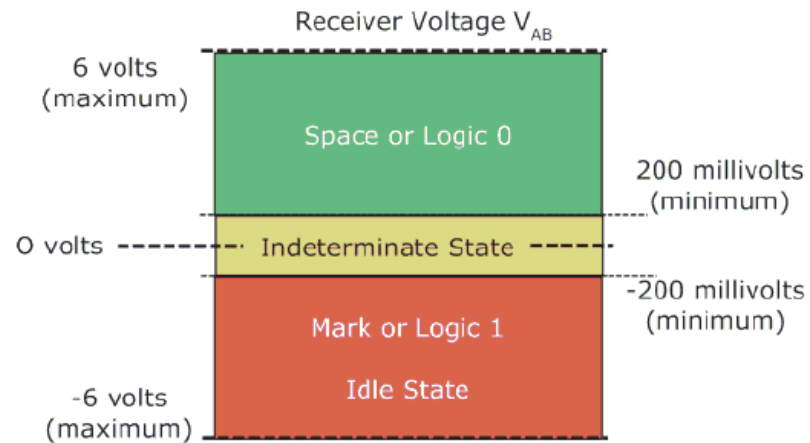
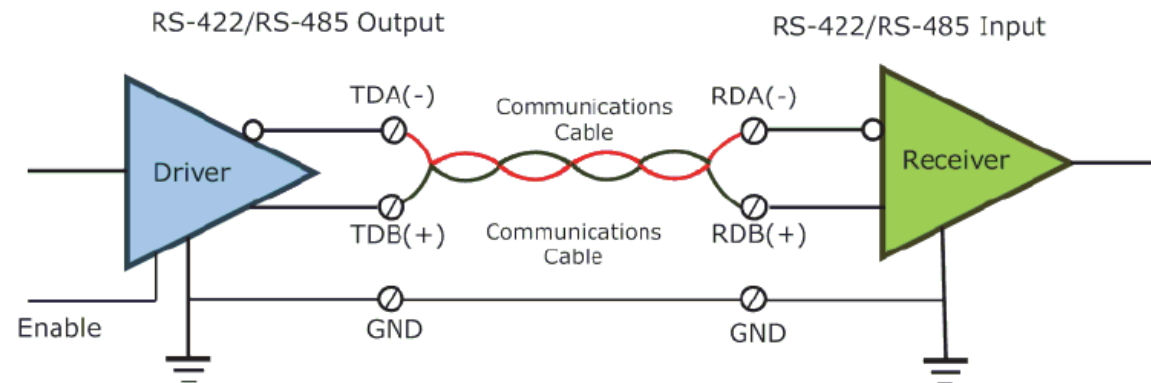
RS-422 liidese standard

- Maksimaalne ülekandeliini pikkus 1200 m
- Andmeedastuskiirus kuni 10 Mbit/s
- Üks saatja ülekandeliini kohta
- Kuni 10 vastuvõtjat ülekandeliini kohta
- Diferentsiaalne (balansseeritud) andmeedastus, vajab kahte andmeliini kanali kohta (A ja B / A(-); B(+)) / TX+; TX-)

RS-422 liidese standard

- Signaali nivood andmeliinidel (TX)
 - -2 V kuni -6 V B liini loogiline „1“
 - +2 V kuni +6 V B liini loogiline „0“
 - Max liini pinge „maa“ suhtes -7 V..+7 V
- Kuna tegemist on diferentsiaalsete signaalidega, siis on andmeliinide polaarsus oluline
- Dupleksside jaoks on vaja nelja andmeliini

RS-422 liidese standard



RS-422 liidese standard

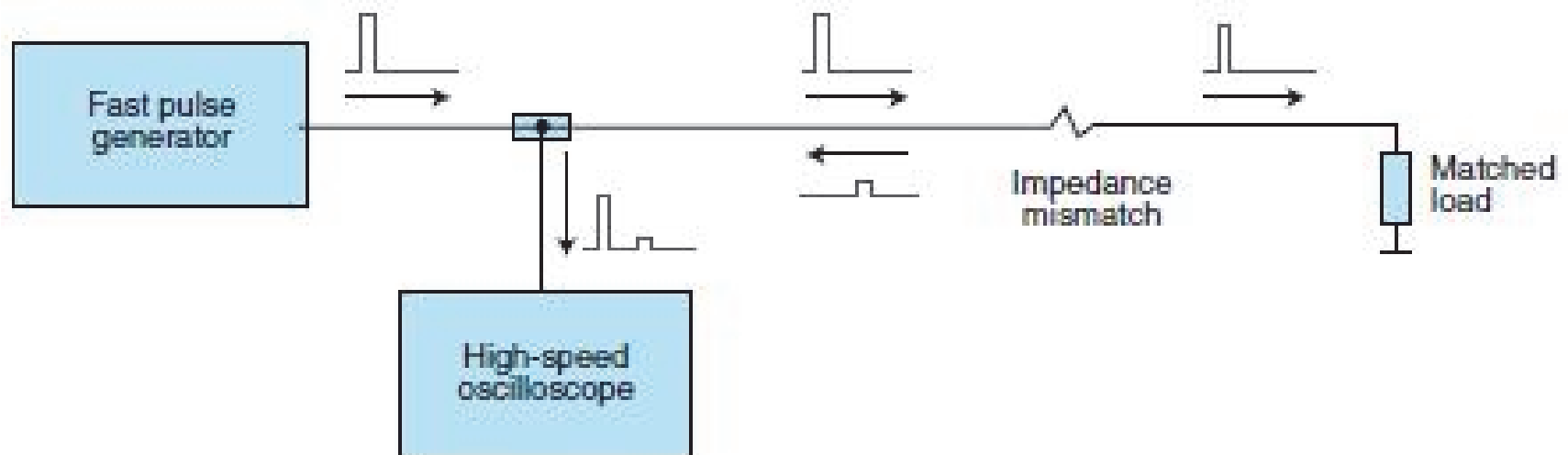
- Ülekandeliin peab olema nõutud impedantsiga keerupaar
- Ülekandeliin peab olema termineeritud
- Tähttopoloogiaga võrgu ehitamine ei ole suurte kiiruste ja pikkade ülekandeliinidega võimalik

RS-422 liidese standard

EIA-422 Specifications

EIA RS-422 Specification Summary				
Parameter	Conditions	Min	Max	Units
Driver Output Voltage			10	V
Open Circuit			-10	V
Driver Output Voltage Loaded	RT = 100 ohms	2		V
		-2		V
Driver Output Resistance	A to B		100	ohms
Driver Output Short-Circuit Current	Per output to common		±150	mA
Driver Output Rise Time	RT = 100 ohms		10	% of Bit Width
Driver Common Mode Voltage	RT = 100 ohms		±3	V
Receiver Sensitivity	Vcm = -7 to +7v		±200	mV
Receiver Common-Mode Voltage Range		-7	+7	V
Receiver Input Resistance		4000		ohms
Differential Receiver Voltage	Operational:		±10	V
	Withstand:		±12	V

Ülekandeliini impedants

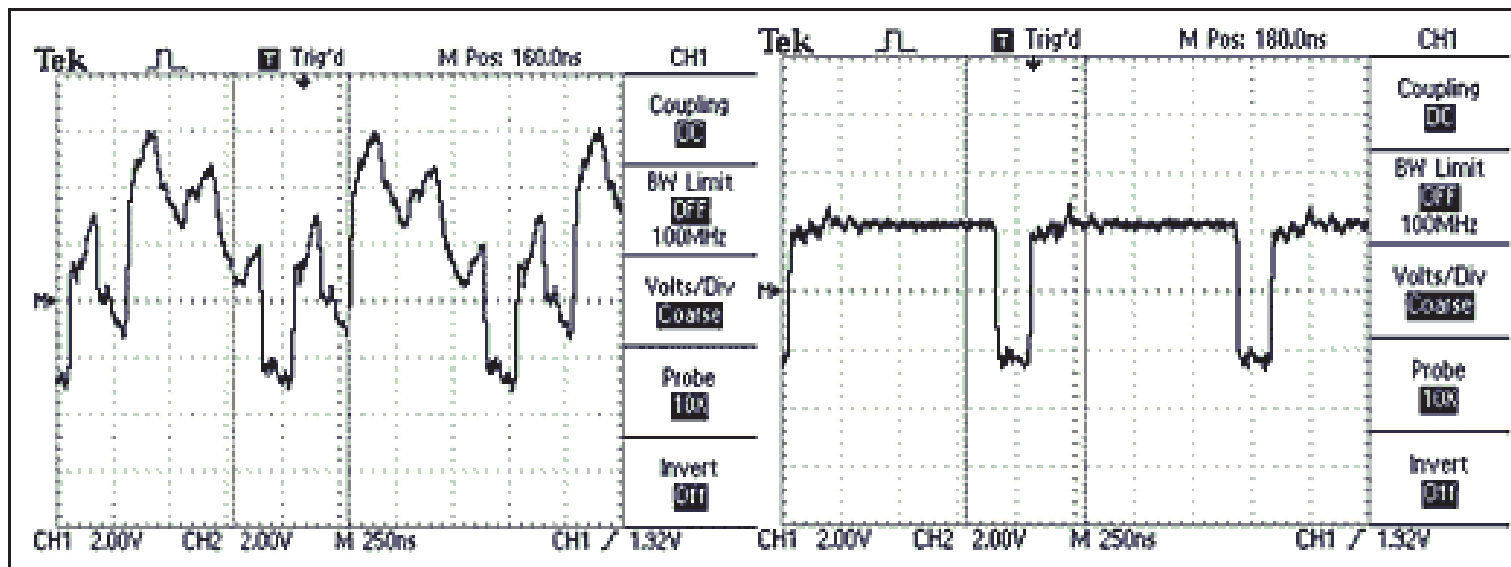


Liini termineerimine

- Sobitamata liinis tekivad signaali peegeldused
- Terminaatori (liini lõpukoormis) eesmärk on sobitada saatja/vastuvõtja impedants liini impedantsiga
- Kõige lihtsamal juhul ühendatakse liini lõppu liiniga paralleelselt takisti (terminaator). RS422/485 liini puhul tavaliselt 120 oomi.

Liini termineerimine

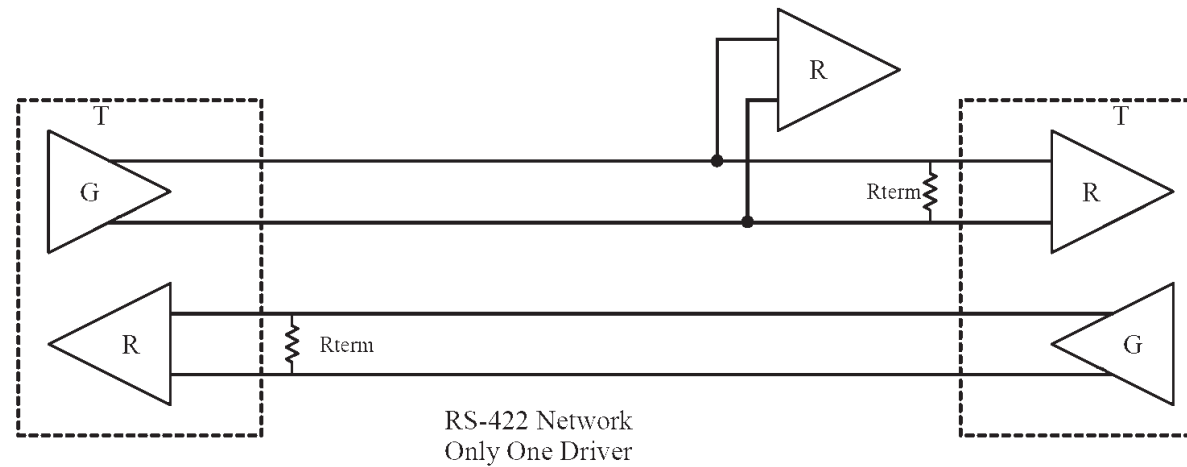
- Termineerimata liini peegeldused



Liini termineerimine

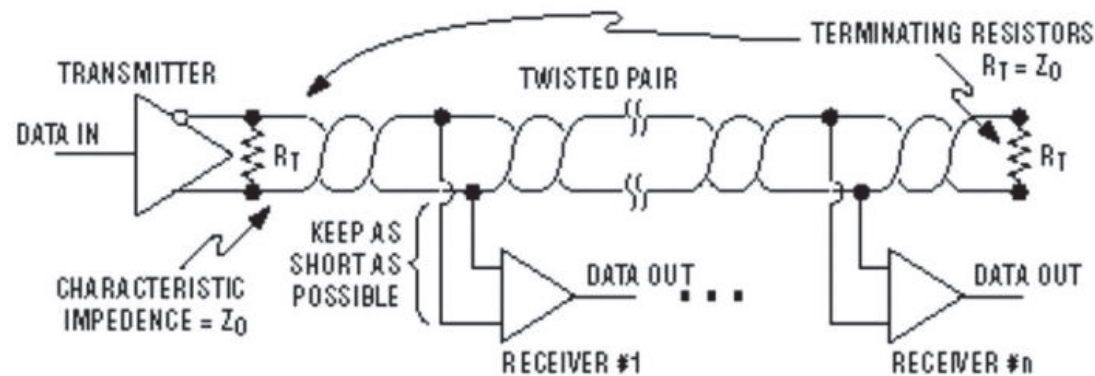
- Millal terminaatorit kasutada?
 - Terminaatori kasutamine ei ole alati vajalik, terminaator suurendab liini ajurite koormust, lisab keerukust ning muudab liini nihkepinget
 - Terminaatori kasutamise vajalikkus sõltub liini pikkusest ja andmeedastuskiirusest
 - Kui liinis kulgeva signaali levimise aeg on oluliselt väiksem kui ühe biti ajaline pikkus, siis tavaliselt terminaatoreid ei kasutata
 - Terminaatoreid ei kasutata tavaliselt andmeedastuskiirustel, mis on väiksemad kui 40 kbit/s
 - Terminaatorid vähendavad liini müra, teatud juhtudel on nad seega vajalikud ka väiksematel kiirustel

RS-422 liidese standard



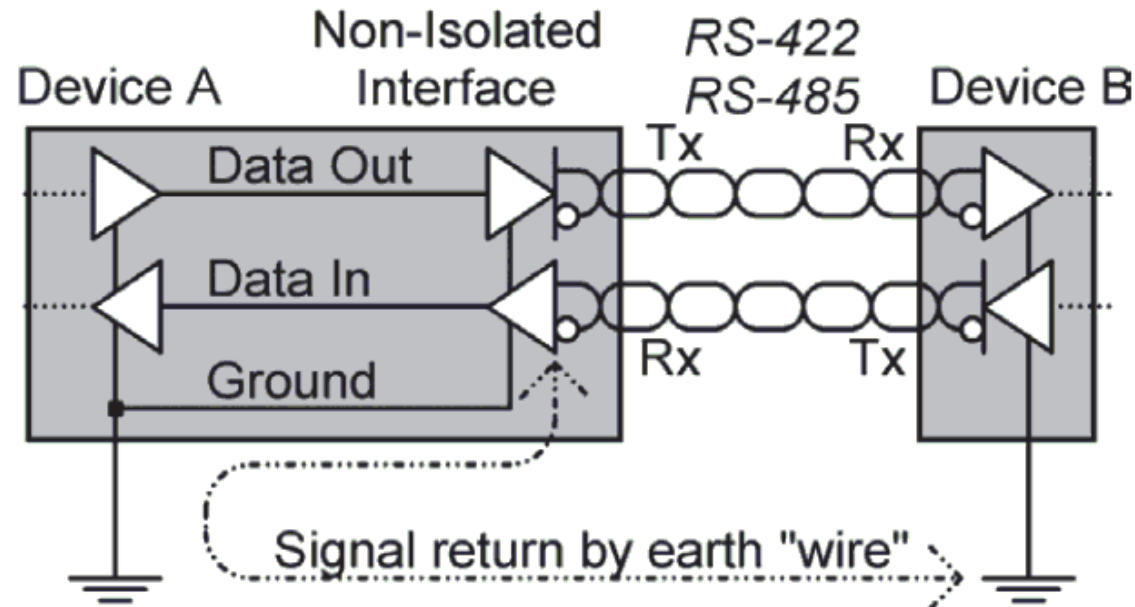
Wikipedia

RS-422 Connection Diagram



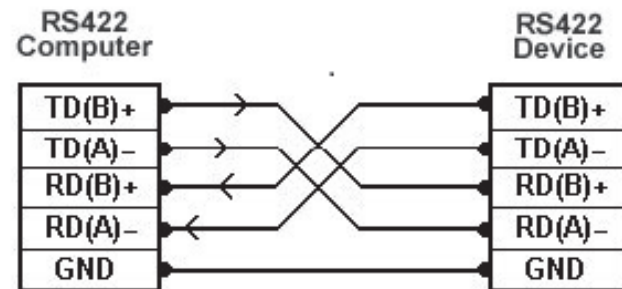
Maandus RS-422 standardis

- EIA/RS-485 standard: *"Proper operation of the generator and receiver circuits requires the presence of a signal return path between the circuit grounds of the equipment at each end of the interconnection. The circuit reference may be established by a third conductor connecting the common leads of devices, or it may be established by connections in each using equipment to an earth reference."*



RS-422 liidese standard

- Seadmete ühendamine



- Loopback (lokaalne tagasiside, testimiseks)



RS-485 liidese standard

- RS-485A (Recommended Standard 485 Edition: A) loodi aastal 1983
- Oli mõeldud andmete edastamiseks pikema vahemaa taha, suurtel kiirustel ning häirekindlalt
- Andmesiin kasutab balansseeritud ülekandeliine
- Võimaldab ühendada ühe liini külge mitu saatjat ja vastuvõtjat

RS-485 liidese standard

- RS-485 kasutab andmeedastuseks kahte keerupaari ja diferentsiaalseid signaale
- RS-485 standard ei defineeri protokolle, pistikute tüüpe ega pistikute väljaviike
- RS-485 standardit võib kasutada väga erinevates süsteemides ja rakendustes
- RS-485 standardit kasutavad seadmed ei pruugi pistikute ja väljaviikude osas olla kokkusobivad
- Standardiseeritud on vaid liidese füüsiline kiht

RS-485 liidese standard

- RS-485 oli algselt loodud kahejuhtmelise (keerupaar) pooldupleks andmeedastuse tarbeks
- Praegu eksisteerib ka kahe keerupaariga täisdupleks versioon
- Erinevalt RS-232 ja RS422 (point-to-point) ühendus, võib liinile ühendada palju seadmeid – mitmepunktiline ühendus (multidrop bus)

RS-485 liidese standard

- Füüsiline kiht on sarnane RS-422 liidesele
- Juurde on tulnud võimalus seadmeid liinilt lahti ühendada kasutades draiveri kolmandat olekut (tri-state logic)
- Toetab füüsiliselt kahe draiveri samaaegselt liinile tulekut (contention) ilma, et draiverid kahjustada saaksid. Kollisioon toob vältimatult kaasa vead andmeedastusel. Kollisiooni vältimise ja andmete parandamise meetodeid standard ei spetsifitseeri.
- RS-485 on üks kõige lihtsamini ja odavamalt realiseeritav andmeedastuskanal

RS-485 liidese standard

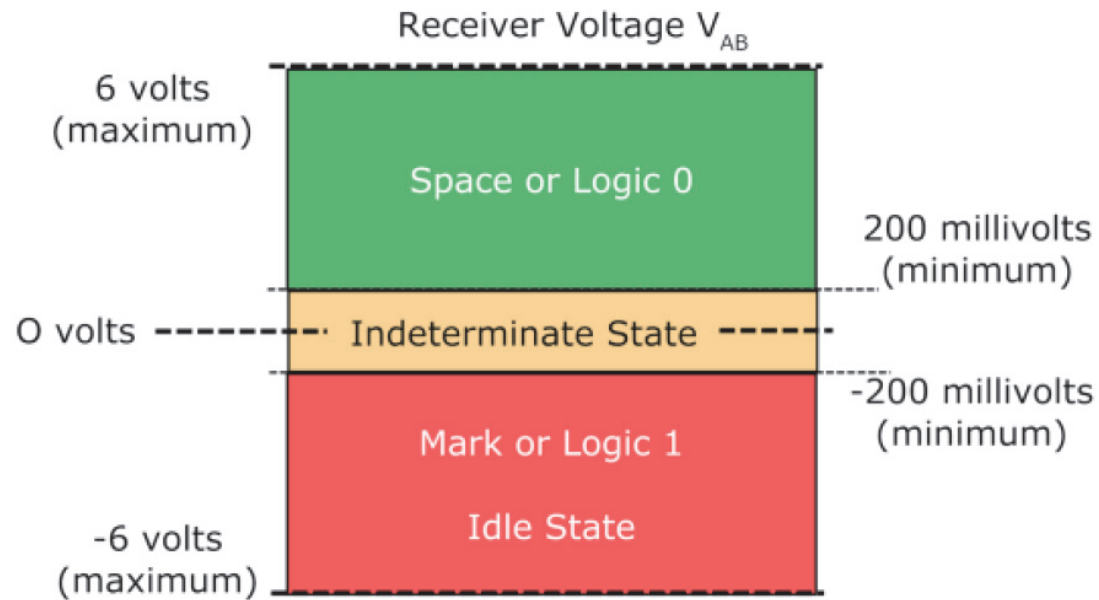
- Maksimaalne ülekandeliini pikkus 1200 m
- Andmeedastuskiirus kuni 10 Mbit/s
- Kuni 32 vastuvõtjat ja 32 saatjat ülekandeliini kohta
- Uuemad versioonid lubavad 128 seadet liini kohta
- Diferentsiaalne (balansseeritud) andmeedastus, vajab ühte andmeliini (keerupaar) kanali kohta – (A- ja B+)

RS-485 liidese standard

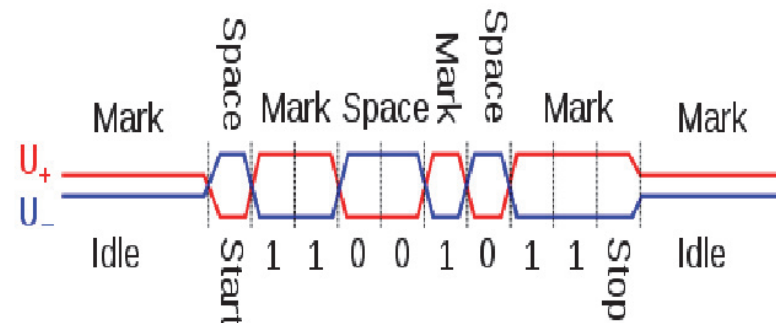
- Signaali nivood andmeliinidel (TX)
 - -1.5 V kuni -6 V B liini loogiline „1“
 - +1.5 V kuni +6 V B liini loogiline „0“
 - Max liini pinge „maa“ suhtes -7 V .. +12 V
- Kuna tegemist on diferentsiaalsete signaalidega, siis on andmeliinide polaarsus oluline
- Dupleksside jaoks on vaja kahte keerupaari

RS-485 liidese standard

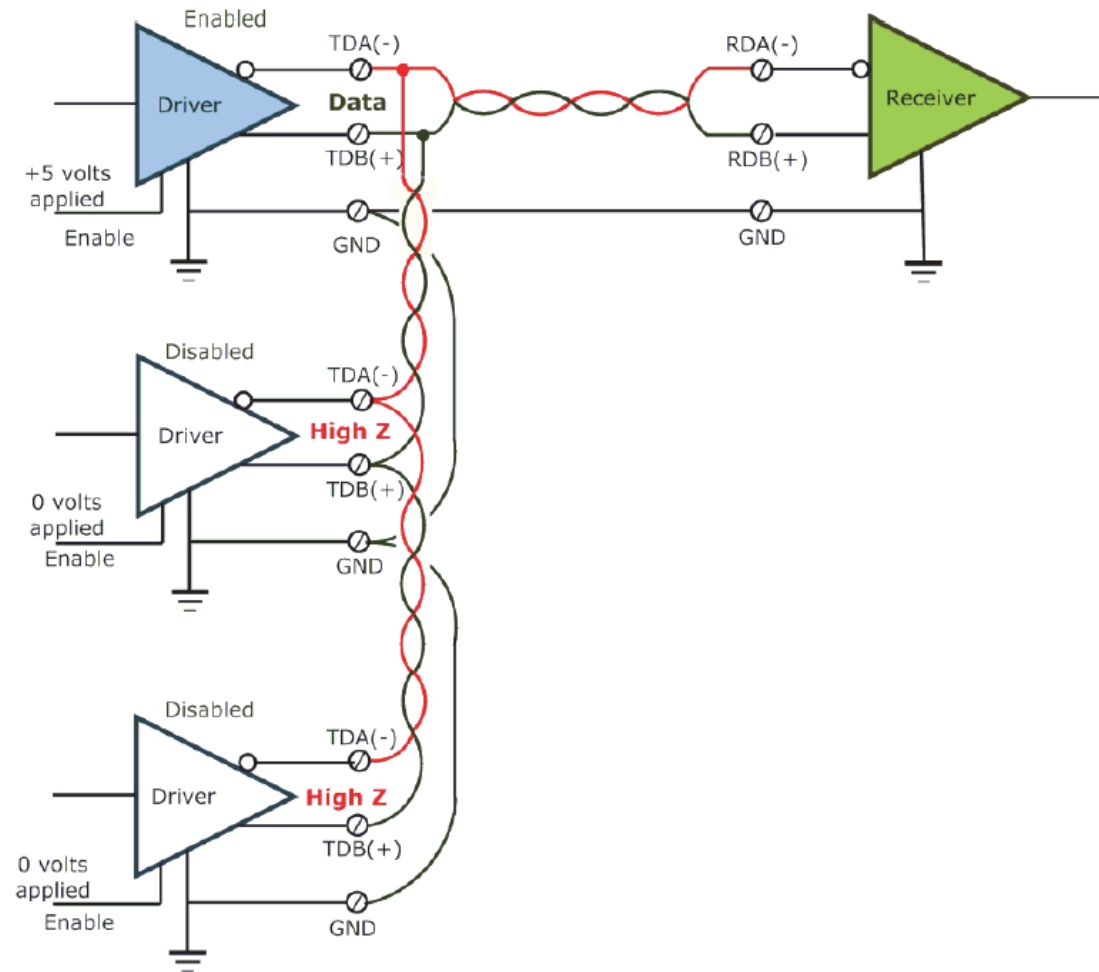
- Signaali nivood



RS-422 and RS-485 Applications eBook <http://www.bb-elec.com>

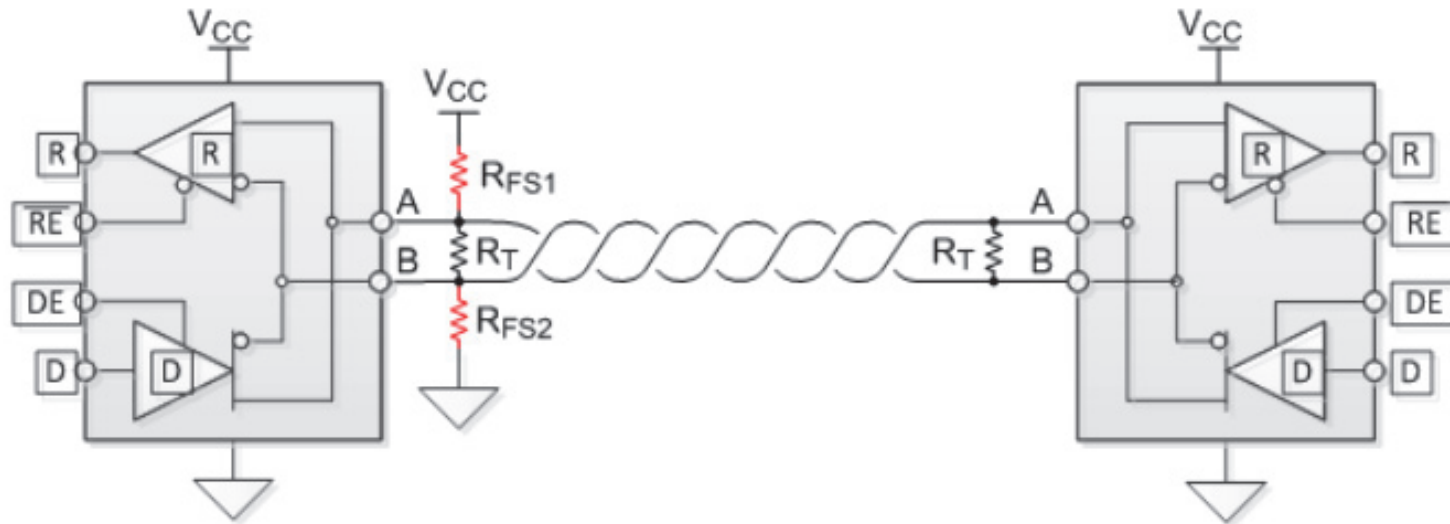


RS-485 draiveri kolmas olek

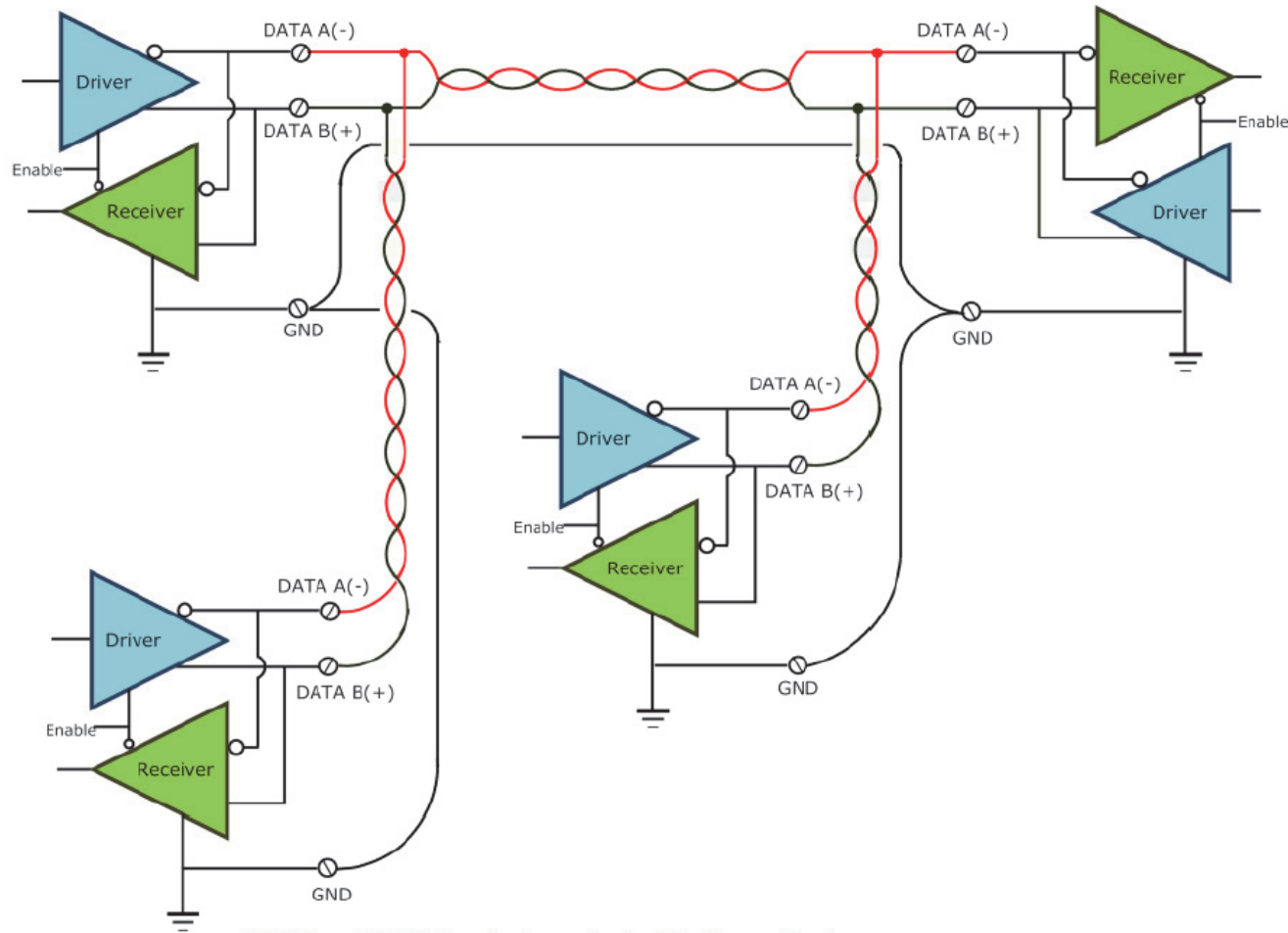


RS-485 siini nihkepinge

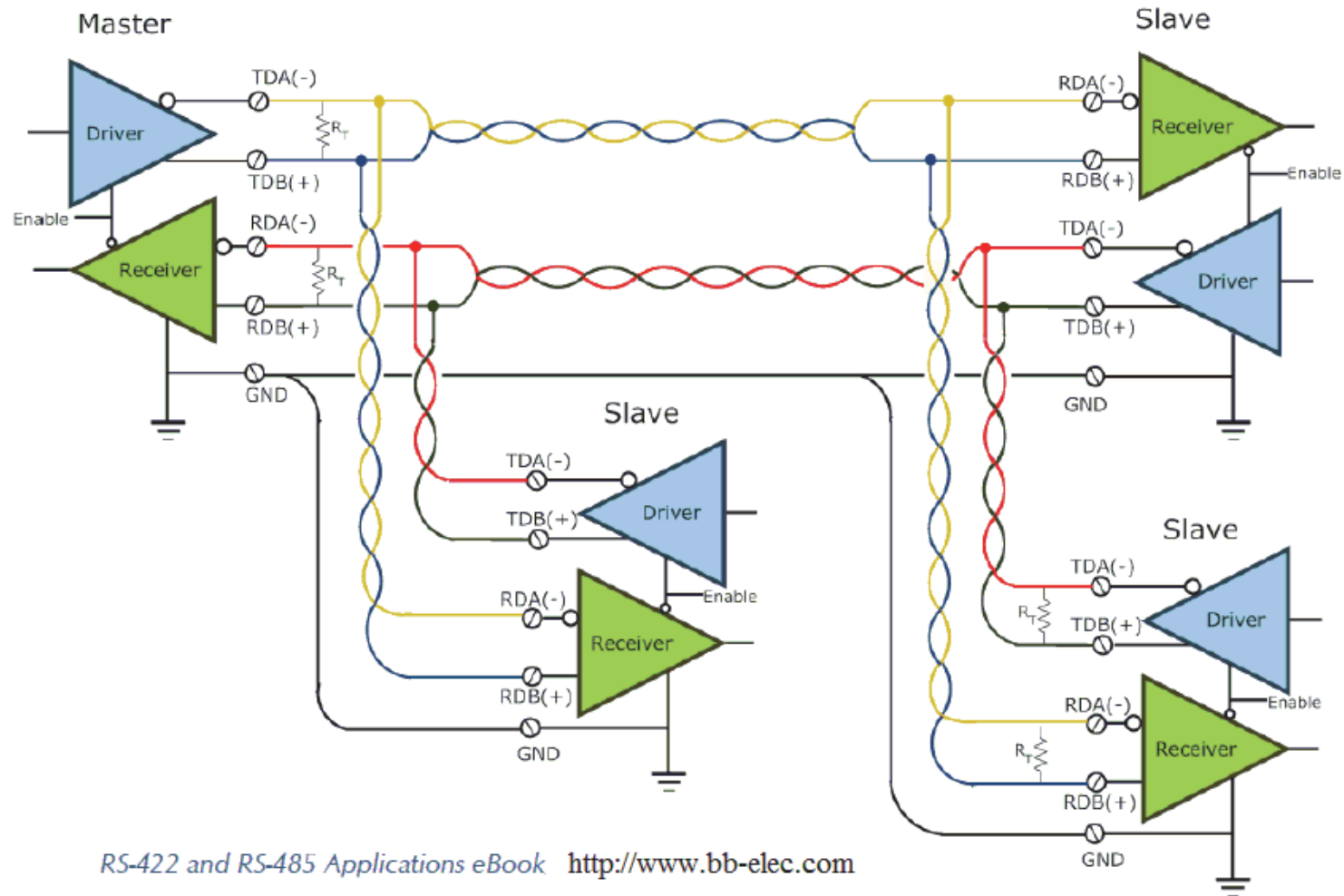
- Kõikide draiverite väljalülitamisel on siin kõrgeoomiline
- Kõrgeoomilise siini korral jääb diferentsiaalne liinipinge määramata tsooni või on siinil mürad
- Määramata oleku vältimiseks tekitatakse siinil kahe takisti abil nihkepinge (bias)



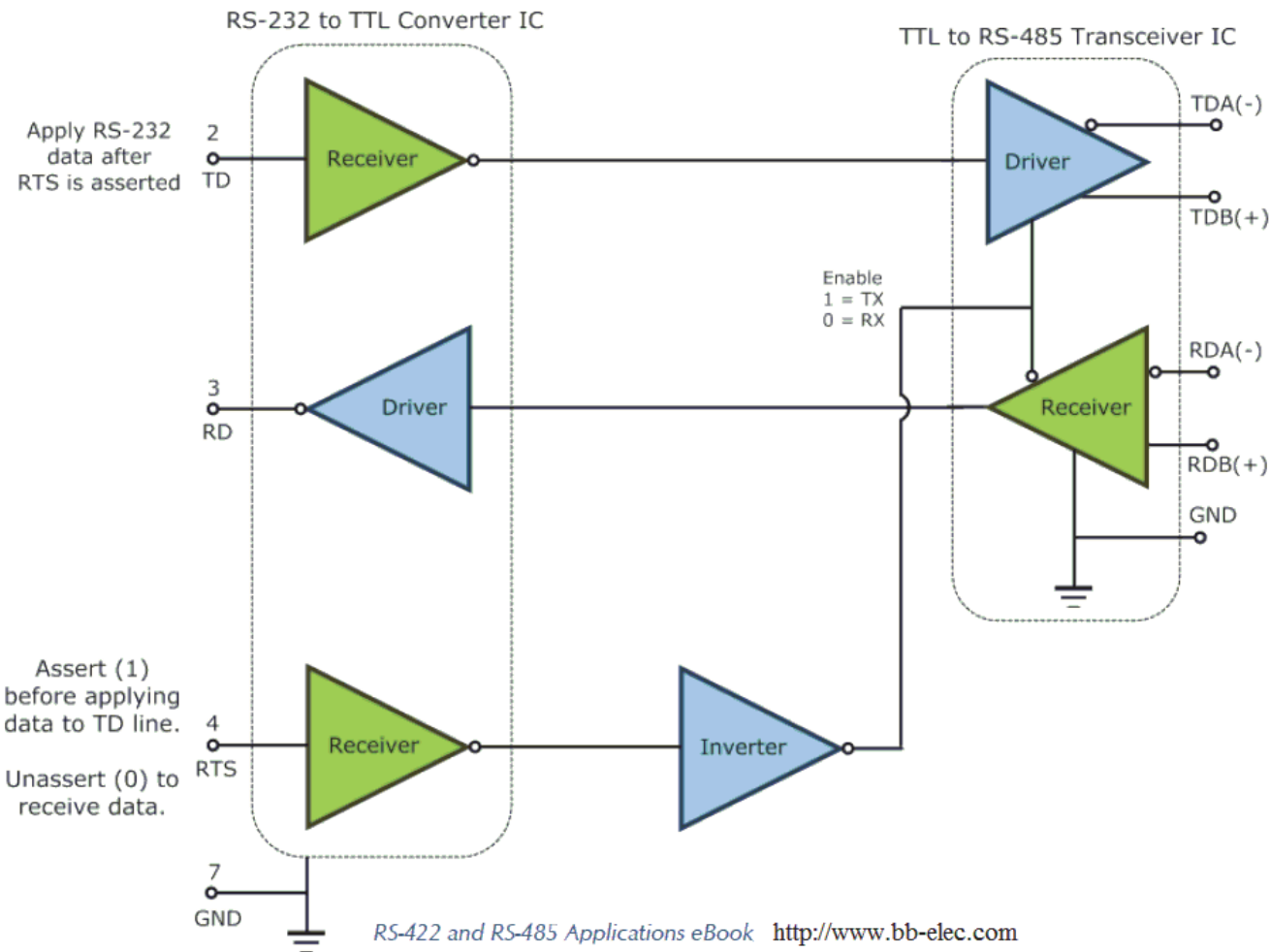
Ühe diferentsiaalse paariga RS-485 pooldupleks ühendus



Kahe diferentsiaalse paariga RS-485 täisdupleks ühendus

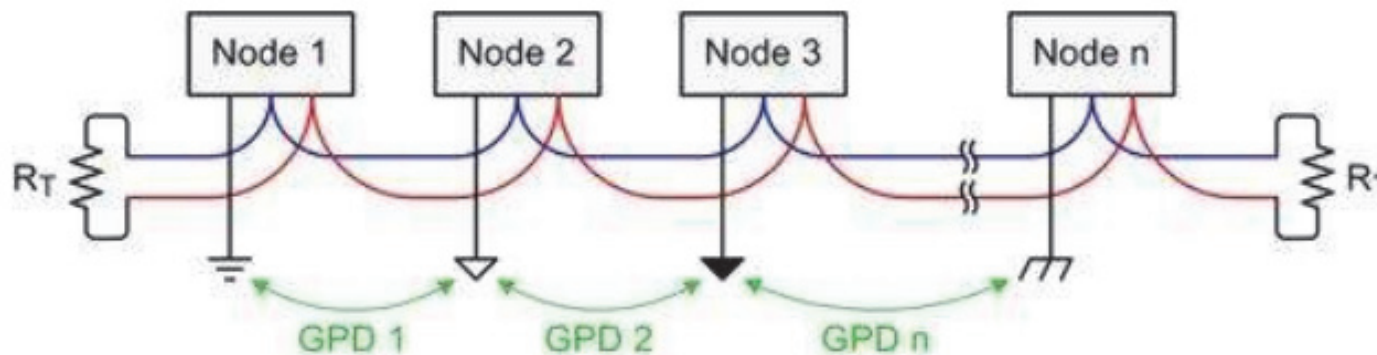


RS-485 draiveri liinile ühendamine RS-232 konverteri korral



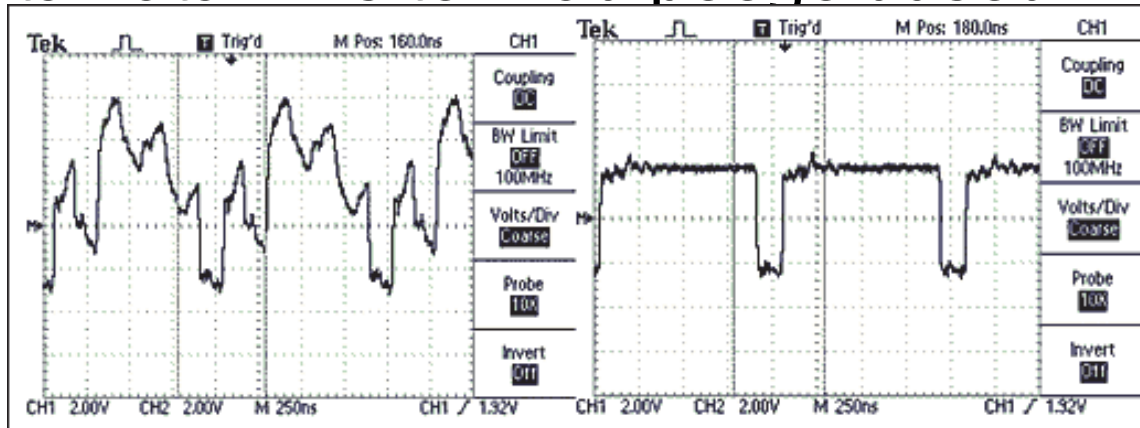
RS-485 siini maandus

- Kui RS-485 siinil olevaid seadmeid toidetakse erinevatest toiteallikatest, on oht potentsiaalivahe (Ground Potential Differences - GPD) tekkimiseks seadmete vahel
- Potentsiaalivahe tekib ka teineteisest kaugel olevate seadmete vahel nt. äikese või eri faasidest toidetavate seadmete puhul
- Potentsiaalivahe üle 7 V rikub liini draiveri
- Ühine maandus ühtlustab potentsiaalivahe, aga suurte voolude korral põleb maandusjuhe läbi
- Kui potentsiaalivahe jääb garanteeritult alla 7 V, ei ole maandust vaja
- Suure potentsiaalivahe korral tuleks seadmed teineteisest galvaaniliselt eraldada (nt. optronite abil, see aga lisab keerukust)

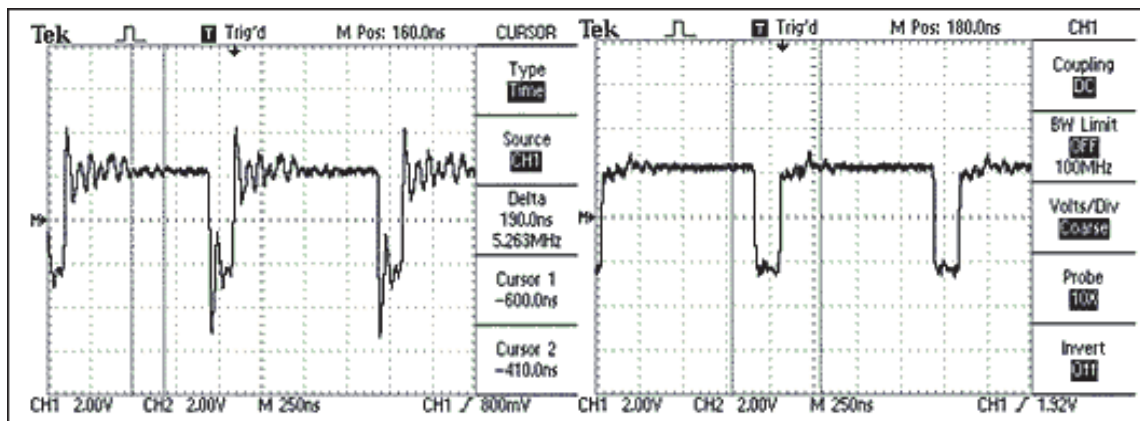


RS-485 siini termineerimine

- Sobitamata liinis tekivad peegeldused.



- Peegeldused tekivad ka juhul, kui seade on siinile ühendatud pika juhtme abil või on kasutatud „star“ topoloogiat



RS-232, RS-422 ja RS-485 standardite võrdlus

Parameter	RS232	RS422	RS485
Cabling	single ended	single ended,multi-drop	multi-drop
Number of Devices	1 transmit 1 receive	1 transmitters 10 receivers	32 transmitters 32 receivers
Communication Mode	full duplex	full duplex	full duplex, half duplex
Max Distance	50 feet at 19.2 Kbps	4000 feet at 100 Kbps	4000 feet at 100 Kbps
Max. Data Rate	1Mbps for 50 feet	10 Mbps for 50 feet	10 Mbps for 50 feet
Signaling	unbalanced	balanced	balanced
Mark (data 1)	-5 V min. -15 V max.	2 V min. (B>A) 6 V max. (B>A)	1. 5 V max. (B>A)
Space (data 0)	5 V min. 15 V max.	2 V min. (A>B) 6 V max. (A>B)	1. 5 V max. (A>B)
Input Level Min.	+/- 3 V	0.2V difference	0.2V difference