

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů

Návrh školící a testovací laboratoře ISOBUS

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Prof. Dr. Ing František Kumhála

Autor: Bc. Jakub Ryčl

Praha 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ryčl Jakub

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Návrh školící a testovací laboratoře ISOBus.

Anglický název

Proposal for ISOBus training and testing laboratory

Cíle práce

Vytvořit funkční modelové zapojení soupravy traktor a připojený stroj se systémem ISOBus s více terminály pro připojení řídicích jednotek strojů.

Metodika

Studium literatury zaměřené na ISOBus, norem, uživatelských manuálů traktorů a ostatních zemědělských strojů. Návrh modelového zapojení soupravy traktoru a přípojného stroje včetně ukázky funkcí sběrnice ISOBus. Ověření funkce modelového zapojení. Výroba modelového zapojení.

Osnova práce

1. Úvod.
2. Literární rešerše zaměřená na využití ISOBus.
3. Cíl práce.
4. Návrh modelového zapojení ISOBus traktoru a přípojného stroje.
5. Odzkoušení zapojení a výroba modelu.
6. Závěr.



Rozsah textové části

40 - 50 stran

Klíčová slova

zemědělská technika, elektrotechnika, komunikace, Isobus

Doporučené zdroje informací

Kumhála, F. a kol.: Zemědělská technika-stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. Praha: ČZU Praha ve vydavatelství powerprint s.r.o., 2007, 426 s.

Časopisy: Mechanizace zemědělství, Profi, DLZ, Landtechnik, Research in Agricultural Engineering.

Norma týkající se ISOBus: ISO 11783.

Sborníky z konferencí LandTechnik - Agricultural Engineering.

Uživatelské manuály traktorů a jiných zemědělských strojů.

Vedoucí práce

Kumhála František, prof. Dr. Ing.

Konzultant práce

Ing. Jiří Vondříčka, Ph.D.

Termín zadání

listopad 2013

Termín odevzdání

duben 2015



doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 23.1.2014

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením Prof. Dr. Ing. Františka Kumhály a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Další informace mi poskytl konzultant práce Dr.-Ing. Jiří Vondříčka Ph.D.

V Praze dne

Podpis

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Prof. Dr. Ing. Františku Kumhálovi za odborné vedení mé práce a za možnost psát práci na toto téma. Dále děkuji konzultantovi práce Dr.-Ing. Jiřímu Vondříčkovi Ph.D. za cenné připomínky a podněty, Ing. Stanislavu Laurikovi za pomoc při zpracování grafiky a Davidu Betlachovi a Martinu Hladíkovi za pomoc při realizaci práce.

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá vytvořením školící a testovací laboratoře pro normu ISO 11783, také nazývanou ISOBUS. Tato norma specifikuje komunikaci mezi traktorem a přívěsným zařízením u zemědělských nebo lesnických strojů. Obsahem práce je sjednocení požadavků na potřebné komponenty v takové školící a testovací laboratoři, jejich návrh a případné vytvoření či zajištění. Hlavním cílem práce je návrh a fyzické vytvoření modelového zapojení traktor a přívěsný stroj, které bude v rámci práce zpracováno jako školící a testovací tabule s elektrickým zapojením secího stroje a box nahrazující elektrické zapojení traktoru.

Klíčová slova: ISOBUS, Zemědělská technika, Elektrotechnika, Komunikace

Proposal for ISOBUS training and testing laboratory

Summary: Diploma thesis is engaged in creating training and testing laboratory for ISO 11783. The ISO 11783 also sometimes called ISOBUS, specifies the communication between the tractor and trailer equipment for agricultural or forestry machinery. Thesis includes the consolidation of the requirements for the components required in a laboratory, their design and creation. The main aim is design and creates a model of physical wiring with tractor and trailer, which will be processed in the work as training and test boards with electric wiring seed machine and box with tractor wiring.

Key Words: ISOBUS, Agriculture technic, Electrical, Communications

Obsah

1	Úvod	1
2	Vznik normy ISOBUS.....	2
2.1	ISO 11786	3
2.2	Historie sběrnice ISOBUS.....	4
2.3	AEF.....	4
2.4	ISO	4
2.4.1	Struktura členění norem podle organizace ISO.....	4
2.4.2	Zařazení normy ISOBUS.....	5
3	Norma ISOBUS.....	6
3.1	Část 1: Obecná norma pro mobilní datovou komunikaci.....	7
3.2	Norma část 2 - Fyzická vrstva	7
3.2.1	Topologie.....	9
3.2.2	Konektory	10
3.2.3	Ukončení sběrnice (Terminátor -TBC)	13
3.2.4	Rychlost přenosu dat.....	14
3.2.5	Vývoj.....	14
3.3	Norma část 3: Vrstva datového spojení	14
3.3.1	Struktura zprávy	14
3.3.2	Identifikátor zprávy u zprávy dle ISO 11783.	16
3.3.3	PGN (Parametr Group Number).....	16
3.3.4	PDU (Protocol Data Unit)	16
3.3.5	Druhy zpráv na sběrnici ISOBUS.....	16
3.3.6	Pravidla komunikace na sběrnici ISOBUS.....	17
3.4	Norma část 4: Síťová vrstva.....	17
3.5	Norma část 5: Síťový management	17
3.6	Norma část 6: Virtuální terminál (VT)	17
3.6.1	Fyzické parametry VT	18

3.6.2	Working Set a Object Pool.....	19
3.6.3	VT Designéry.....	20
3.7	Norma Část 9: Traktor ECU	21
3.7.1	Třída 1.....	21
3.7.2	Třída 2.....	21
3.7.3	Třída 3.....	21
3.8	Norma Část 10: Task controller a informační systém výměny dat	21
3.9	Norma Část 12: Diagnostické služby	22
3.10	Norma Část 13: Souborový server.....	22
3.11	Norma Část 14: Sekvenční řízení.....	22
4	Cíl práce.....	23
5	Metodika	24
6	Školící a testovací laboratoř ISOBUS	25
6.2	Modelová školící a prezentační tabule pro Secí stroj Omega OO firmy Bednar FMT s ISOBUS sběrnici	25
6.2.1	Požadavky.....	26
6.2.2	Návrh.....	26
6.3	Terminály.....	41
6.3.1	CCI 200.....	41
6.3.2	Field Operator 130 Wireless (FO 130).....	42
6.3.3	Field Operator 450 (FO 450).....	42
6.4	Box nahrazující ISOBUS zapojení traktoru.....	43
6.4.1	Požadavky.....	43
6.4.2	Návrh.....	43
6.5	Softwarové vybavení školícího centra.....	46
6.5.1	Program FMIS.....	46
6.5.2	Program na simulaci GPS souřadnic přes COM port PC.....	47
6.5.3	Program na vzdálené ovládání a prezentování obrazovky terminálu	48

6.6	Testování	50
6.6.1	Testování funkčnosti modelového zapojení soupravy traktor a secí stroj.....	50
6.6.2	Testování komunikace po sběrnici ISOBUS	51
6.6.3	Test GPS simulace.....	57
6.6.4	Test ISOBUS kompatibility.....	57
7	Závěr.....	59
8	Citovaná literatura	60
	Seznam použitých zkratk.....	63
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek	68
	Příloha 1: Fotografie.....	I
	Fotografie modelové školící a prezentační tabule z průběhu konstrukce	I
	Fotografie zavřené modelové školící a prezentační tabule.....	II
	Příloha 2: Schéma elektrického zapojení školící a prezentační tabule	I

1 Úvod

Zemědělská elektronika je nyní velmi dynamicky se rozvíjejícím odvětvím. V počátcích tohoto rozvoje má svou nezastupitelnou roli i norma ISOBUS, která usnadňuje vstup dalších elektronických aplikací do zemědělství, zejména pak do precizního zemědělství. Norma ISOBUS přinesla do zemědělství a lesnictví kompatibilitu mezi jednotlivými stroji. V zemědělství se jedná především o možnost připojit za jakýkoliv traktor jakékoliv přídatné zařízení bez obav o funkčnost, dalo by říci „plug and play“ mezi zemědělskými stroji. Pro správnou funkčnost bylo nutné sjednotit velké množství komponent systému, a proto vzniklo celkem 14 částí normy, které budou v diplomové práci popsány a vysvětleny. Detailněji pak zejména části 2. a 6. (Fyzická vrstva, Virtuální terminál), které jsou stěžejní. Vzhledem k tomu, že norma ISOBUS není pouze pro aplikaci v zemědělství, ale i lesnictví, je vhodné na úvod říci, že v této diplomové práci bude norma přiblížena pouze pro aplikaci v zemědělství.

Tato diplomová práce se zabývá vytvořením školícího a testovacího centra ISOBUS. Jednotlivými jeho součástmi, jejich vytvořením, popisem jejich funkce a vlastností.

Diplomová práce je rozdělena na dvě hlavní části, kdy první z nich je částí rešeršní a druhá praktická. Rešeršní část (kapitola 2 a 3) se zabývá normou ISO 11783, která je také označována za ISOBUS. Norma je popsána jak z technické tak aplikační stránky, jsou zde podtrhnuty výhody, které její zavedení přináší či možnosti, které přinese. Praktická část (kapitola 6) se zabývá vytvořením jednotlivých částí školícího a testovacího a některými testy, které je na něm možné uskutečňovat.

Praktická část se věnuje vytvoření modelového zapojení secího stroje Omega OO firmy Bednar FMT se sběrnicí ISOBUS pro interní firemní školení a testování, návrhu boxu nahrazujícího el. zapojení v traktoru, výběrem všech hardwarových a softwarových prvků nutných pro simulaci GPS, promítání obrazovky terminálu a testování funkčnosti sběrnice (tracing, simulace zpráv, simulace TECU, apod.).

2 Vznik normy ISOBUS

Jak již bylo řečeno v úvodu, ISOBUS není nic jiného než norma **ISO 11783** pro použití v zemědělských a lesnických aplikacích. Hlavním důvodem vzniku normy ISOBUS bylo standardizovat přenos informací z přívěsných zařízení (respektive z řídicí jednotky/tek přívěsných zařízení) a standardizovat i terminál, na kterém je možné řídit celý systém a přenesené informace samozřejmě také zobrazovat.

Situace před vznikem normy ISOBUS se dá snadno ilustrovat například na příkladu tříbodového závěsu. Dnes si již nikdo neumí představit, že by každý traktor nebo stroj vyžadoval jiný závěs a pro použití by se tedy musely montovat mezikusy nebo bylo nutné přemontovat celý závěs. Avšak před zavedením standardů (ISO 730, ISO 789, ISO 2332) to tak nepředstavitelné nebylo a velmi podobná situace u elektroniky nastávala před zavedením normy ISOBUS. Další příklady by samozřejmě bylo možné uvést u hydraulických konektorů (ISO 5676, ISO 17567), případně PTO standartu (ISO 500).

Pod celou normou se podepsala mezinárodní standardizační organizace (ISO). Většina výrobců zemědělské techniky na normu ISOBUS rychle přestoupila a momentálně jej využívají všichni velcí hráči na trhu se zemědělskými stroji. Výhoda jednotné sběrnice a terminálu je jednoznačná: pro ovládání veškerých přídatných zařízení postačuje pouze jeden terminál s podporou ISOBUS, rozdíl mezi tím mít v kabině traktoru několik ovládacích terminálů nebo jen jeden je značný (fyzický rozdíl možno vidět na Obr. 1). Rozdíl je jak v ceně, kdy v případě využití ISOBUSu je nutné koupit pouze jeden terminál a hlavně jednu kabeláž, tak ve snadnosti obsluhy, kdy v případě použití jednoho terminálu se obsluha s ovládáním rychle sžije, norma se totiž zabývá i ovládacími možnostmi virtuálního terminálu (část 6), a proto je ovládání různých přívěsných zařízení od různých firem podobné (respektive probíhá na podobných terminálech s podobným způsobem ovládání) a nemělo by být velký problém se v něm intuitivně zorientovat. (Vondříčka J., 2012)



Obr. 1. Vlevo traktor vybavený sběrní ISOBUS, vpravo bez ISOBUS výbavy. (John Deere, 2014)

Rozvojem ISOBUSu se otevřely dveře pro jednodušší aplikaci precizního zemědělství, od systémů samostatného dávkování hnojící/výsevnické dávky přes automatické vypínání jednotlivých sekcí postřikovačů až po autonomní řízení. Nezbytnou součástí traktorů se tak pomalu stávají kromě dnes již téměř nutného ISOBUS terminálu jednotlivé GPS moduly a GSM komunikátory, které samozřejmě s celým systémem umí komunikovat. Všechna data z činnosti na poli se pak mohou jednoduše přenést do počítače, kde je využíváno datového formátu XML (lépe ISO-XML) a speciálních FMIS (Farm Management Information System) programů. Osoba zodpovědná za jednotlivá pole může překontrolovat, zda byly všechny technologické operace správně vykonány, jak dlouho trvaly a samozřejmě kdo řídil traktor a jakým traktorem se práce vykonávala apod.

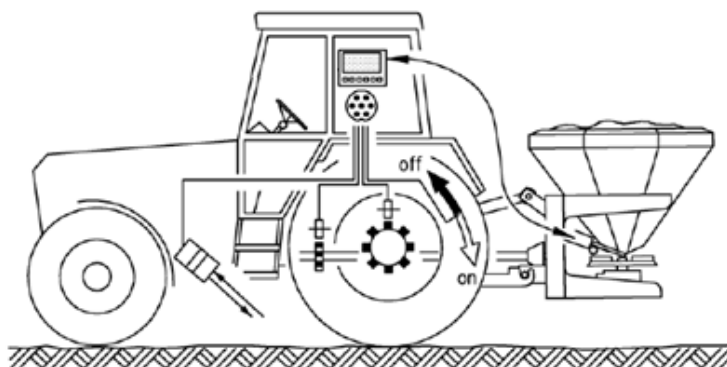
2.1 ISO 11786

Jedním z předchůdců normy ISOBUS byla norma ISO 11786, která v hojně míře přebývá v traktorech ještě nyní. Z mnoha traktorů dokonce nevymizela, ani když jsou plně vybaveny ISOBUS sběrnici. Zajímavá je tato norma především proto, že prakticky všechny přídavné terminály (ty které nejsou přímo předinstalovány v traktoru) počítají s variantou, že traktor může normu ISO 11786 podporovat. To se pak projevuje přítomností softwarového TECU v terminálu (tzv. sekundárního TECU), které umí zpracovávat signály právě z této normy, konkrétně zásuvky, a předávat je dále na sběrnici ISOBUS. Norma definuje zásuvku a signály na jejích jednotlivých pinech (Tab. 1), zásuvce se sedmi piny se také říká Signální a ilustrace k funkci jednotlivých senzorů je na obr. 2. (ISO11786, 1995)

Tab. 1. Piny u signální zásuvky

Pin	Signál
1	Reálná rychlost (radar)
2	Teoretická rychlost (otáčky kola)
3	Otáčky zadního výstupového hřídele
4	Zadní tříbodový závěs v pracovní pozici /mimo pracovní pozici
5	Pozice zadního tříbodového závěsu
6	Napájení
7	Zem

(ISO11786, 1995)



Obr. 2. Fyzické umístění senzorů na traktoru dle ISO 11786. (Auernhammer, 2004) - upraveno

2.2 Historie sběrnice ISOBUS

První pokusy nadšenců o monitorovací zařízení v zemědělských strojích, zejména pak jednoduché monitory zobrazující ujetou vzdálenost a plochu zpracovanou strojem byly provedeny v osmdesátých letech minulého století. (Vondříčka J., 2012) Dále pokračoval pozvolný vývoj, ale zlom nastal až v roce 1988, kdy Richard Bosch vyvinul sběrnici CAN a již o 2 roky později začala německá snaha o standardizování sběrnice CAN i pro zemědělské účely, čímž vzniknul standard DIN9684 (LBS), ve stejné době probíhaly standardizace CANu pro zemědělství i v USA a Kanadě, z nichž se následně vyvinul samotný ISOBUS. V roce 2000 se v Evropě začalo mluvit o možnosti spojit americkou normu s tou evropskou, a proto v roce 2001 vznikla skupina IGI (Implementation Group ISOBUS). V roce 2002 pak Americká NAIITF (North American ISOBUS Implementation Task Force) a následně pak obdobná organizace FTI (Forca Tarefa ISOBUS) v Brazílii. V roce 2003 nakonec byly otestovány stroje vybavené sběrnici ISOBUS na poli. (ISO, 2014)

2.3 AEF

Za další důležitý milník je možné považovat vznik AEF (Ag Industry Electronic Foundation) v roce 2008, která má nyní 161 členů z prestižních světových firem. A jejím hlavním cílem je rozšiřovat ISOBUS, zajistit jeho kvalitní a celosvětové testování s čím souvisí i založení online databáze testovaných strojů a traktorů a zaručení jejich vzájemné kompatibility. Dále se AEF zabývá 9 jinými projekty, které mají vztah k zemědělské elektrotechnice a elektronice. (AEF, 2014)

2.4 ISO

ISO je mezinárodní standardizační organizace, která je podepsána pod vznikem velmi mnoha norem a konkrétně i pod oficiálním vznikem normy ISOBUS.

2.4.1 Struktura členění norem podle organizace ISO

- ❖ Technické výbory (Technical Commites – TC)
 - Pod výbory (Sub Commites – SC)
 - Pracovní skupiny (Working group – WG)
 - Úkoly k řešení (Task Forces – TF)

2.4.2 Zařazení normy ISOBUS

V případě normy ISOBUS je její zařazení ve struktuře následující:

- ❖ TC23 – Traktory a stroje pro Zemědělství & Lesnictví (Tractors and machinery for Ag & Forestry)
 - SC19 – Zemědělská & Lesnická Elektronika (Ag & Forestry Electronics)
 - WG1 – Mobilní zařízení (**ISO 11783**) (Mobile Equipment)
 - TF – Part 1 – Obecná norma pro mobilní datovou komunikaci
 - TF – Part 2 – Fyzická vrstva
 - ...

(ISO, 2014)

3 Norma ISOBUS

Norma se skládá ze čtrnácti částí, přičemž se dále rozrůstá a jednotlivé části jsou průběžně upravovány. Konkrétně se jedná o tyto části:

- Část 1: Obecná norma pro mobilní datovou komunikaci,
- Část 2: Fyzická vrstva,
- Část 3: Vrstva datového spojení,
- Část 4: Síťová vrstva,
- Část 5: Síťový management,
- Část 6: Virtuální terminál,
- Část 7: Prováděcí zprávy aplikační vrstva,
- Část 8: Power train zprávy,
- Část 9: Traktor ECU,
- Část 10: Task controller a informační systém výměny dat,
- Část 11: Základní mobilní datový slovník,
- Část 12: Diagnostické služby,
- Část 13: Souborový server,
- Část 14: Sekvenční řízení.

Některé prvky sběrnice vycházejí ze sběrnice CAN (ISO 11898) – která je používána především v automobilovém odvětví (v traktorech je však ve velmi velké míře použita také) a z protokolu SAE J1939, který se používá u nákladních vozidel a jejich přívěsů (je tedy principiálně velmi podobný použití sběrnice ISOBUS), pokud bychom opominuli vše ostatní a zaměřili se pouze na to, jak se přenáší informace (každý jednotlivý bit), zjistili bychom, že ISOBUS se od CANu 2.0b (29 bit identifikátor) neliší, a neliší se v tomto úzkém zaměření ani od dalších ze sběrnice CAN vycházejících sběrnic. Tyto sběrnice jsou totiž rozdílné až o jednu nebo 2 vrstvy OSI modelu výše a to ve významu jednotlivých bitů. Pokud se na problematiku podíváme komplexněji (ne pouze na přenášení informací) je zde na první pohled opravdu velký rozdíl mezi sběrnici CAN a ISOBUS. Rozdíl je například již ve fyzické vrstvě, kdy pomocí ISOBUS kabeláže a konektorů je napájeno v podstatě celé přípojné zařízení například i elektrické motory, ale v komunikaci po sběrnici samozřejmě nikterak velké rozdíly nejsou, norma ISOBUS spíše přesně určuje, co znamenají jednotlivé bity nebo byty ve zprávě a hlavně co znamenají jednotlivé zprávy. (ISO11783-1, 2007)

3.1 Část 1: Obecná norma pro mobilní datovou komunikaci

První část normy vysvětluje její účel a uvádí, co bude obsaženo v jejích následujících částech. Upozorňuje na skutečnost, že při vytváření normy bylo čerpáno z normy CAN – ISO 11898 a SAE J 1939. Vysvětluje analogii s referenčním síťovým modelem OSI/ISO (ISO 7498), který je s výhodami používán jako názorný příklad řešení komunikace v počítačových a jiných sítích. Ve sběrnici ISOBUS nejsou implementovány všechny OSI vrstvy, přesto je vhodné tento model zmínit, protože z něj sběrnice obecně a tím i sběrnice ISOBUS konkrétně vychází. Referenční OSI model je sestaven ze 7 vrstev:

- Fyzická vrstva,
- Linková (spojová) vrstva,
- Síťová vrstva,
- Transportní vrstva,
- Relační vrstva,
- Prezentační vrstva,
- Aplikační vrstva.

U sběrnice ISOBUS jsou implementovány pouze první 3 vrstvy: Fyzická, Linková a Síťová.

Specifikací fyzické vrstvy se zabývá druhá část normy, konkrétně pak specifikací kabelů, konektorů, napájení a terminátorů (ukončovacích prvků). Třetí část normy se pak zabývá Linkovou vrstvou tedy jednotlivou strukturou zpráv (frames), tato vrstva je vystavena na protokolu CAN (ISO 11898 – 1,2,3). Čtvrtá část pak pojednává o síťové vrstvě speciálně o prvcích, které propojují jednotlivé sítě (např. ISOBUS a CAN). K unikátní identifikaci jednotlivých prvků sítě se váže pátá část normy. Aplikační zprávy, které jsou používány na síti přípojného zařízení, jsou definovány v sedmé části normy. (ISO11783-1, 2007)

3.2 Norma část 2 - Fyzická vrstva

Druhá část normy definuje Fyzickou vrstvu sběrnice (nejnižší vrstva v OSI modelu), tedy to po čem a jak se přenáší jednotlivé bity. Sběrnice CAN (na níž je tato část normy ISOBUS založena) se v podstatě od svého prvního uvedení do provozu v roce 1988 příliš nezměnila a tak můžeme říci, že je zde na rozdíl od modernějších sběrnic kladen důraz spíše na bezchybovost než na rychlost. Sběrnice je sestavena z kříženého čtyř vodičového vedení. Na dvou vodičích CAN_H a CAN_L je veden komunikační signál. Při poslání bitu se změní napětí na CAN_H i CAN_L výsledkem je napěťová diference, která se označuje jako V_{diff} (vztah 1). Následující dva vodiče (TBC_PWR, TBC_RTN) plní

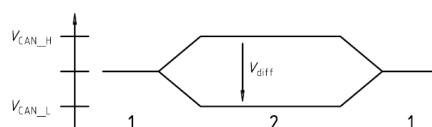
funkci napájení pro TBC (ukončující prvek sběrnice – tzn. terminátor) sběrnice ISOBUS má na rozdíl od např. sběrnice J1983 nebo samotného CANu aktivní (napájený) terminátor. (ISO11783-2, 2012)

$$V_{diff} = V_{CAN_H} - V_{CAN_L} \quad (1)$$

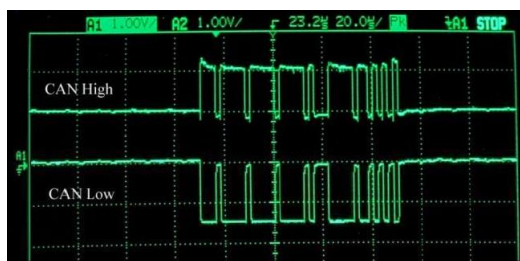
Na sběrnici tedy mohou nastat dva (nechybové) stavy:

- recesivní (reprezentuje logickou „1“),
- dominantní (reprezentuje logickou „0“).

Jak již z názvů stavů vyplývá dominantní stav „přebíjí“ stav recesivní. Při dominantním stavu (označen jako stav 2 na obr. 3) je na sběrnici napěťová diference 2 V (CAN_H = 3,5V, CAN_L = 1,5V) naopak při recesivním stavu (označen jako stav 1 na obr. 3) není na sběrnici žádná diference (CAN_H = 2,5V, CAN_L = 2,5V). Tento způsob komunikace je spolehlivý, chybovost takového to provedení je minimální a to i vzhledem k elektromagnetickému rušení atd. Změny napěťových úrovní je možné vidět na obr. 4.



Obr. 3. Napěťová diference v recesivním a dominantním stavu (1. Recesivní, 2. Dominantní). (ISO11783-2, 2012)



Obr. 4. Ukázka z osciloskopického měření úrovní High a Low (CAN Dictionary, 2010) - upraveno

Barvy jednotlivých vodičů u nestíněného kříženého kabelu pro vedení sběrnice jsou následující:

- CAN_L – zelená
- CAN_H – žlutá
- TBC_PWR – červená
- TBC_RTN – černá

Vzhledem k tomu, že kabel (obr. 5) používaný mezi traktorem a přívěsným zařízením není pouze pro sběrnice, ale je hybridní - má v sobě jak vedení sběrnice tak napájení veškerých elektronických prvků na přívěsném zařízení, je nutné, aby měl ještě další vodiče. V kabelu existují další 4 s označením GND, ECU_GND, PWR, ECU_PWR, kde jsou 2 napájecí obvody GND – PWR (dimenzován na 60A) a ECU_GND

- ECU_PWR (dimenzován na 25A), kde silové kabely jsou červené a země jsou černé. V kabelu je tedy 8 vodičů, což by mohlo být později matoucí, protože na IBBC konektoru je 9 pinů, poslední pin, který má označení TBC_DIS je zde totiž pouze z důvodu „automatického“ odpojení TBC obvodu (terminátoru) při připojení konektoru.



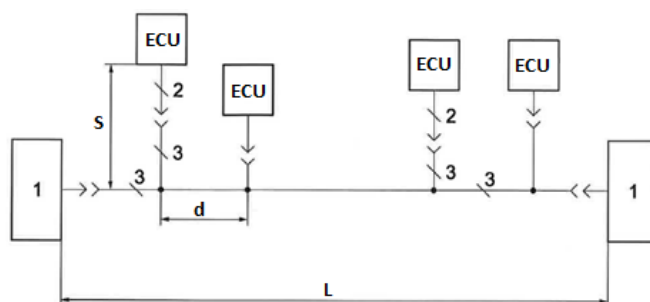
Obr. 5. Kabel dle normy ISOBUS (ISO 11783-2) pro použití na zemědělských vozidlech. (Lapp Group, 2013)

Charakteristiky kabelu:

- $4 \times 0,5 \text{ mm}^2$ (červená, žlutá, černá, zelená) $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ (červená, černá) $2 \times 6 \text{ mm}^2$ (červená, černá),
- špičkové provozní napětí: 60 V,
- charakteristická impedance: 75 Ohm.

3.2.1 Topologie

Topologie sítě ISOBUS je striktně liniová. Sít nepřipouští žádné odbočky, nevytváří tak ani síť typu hvězda či jiné obvyklé či neobvyklé. Na obou koncích sběrnice jsou aktivní ukončující terminátory (TBC - 1). Sběrnice ISOBUS je normou omezena na maximální délku 40 metrů (L). Jednotlivé odbočky (S) ze sítě mohou být dlouhé maximálně 1 metr (z důvodu neporušení liniové struktury), jednotlivé uzly sítě mohou být vzdáleny minimálně 10 cm od sebe (d). Provedení sběrnice se používá zejména kroucené čtyřvodičové vedení (3) a v závěrečných úsecích vedení (max 15 cm) pak kroucené dvou vodičové vedení (2). V případě, že například chceme, aby byl terminál dále než pouhý metr, je nutné použít kabel, který má jak vstupní sběrniceovou kabeláž tak výstupní, tudíž 4 kabely navíc. Ten se připojuje do konektoru v kabině traktoru (tzn. In-cab konektoru), který je takto samozřejmě také vybaven. Ilustrace k tomuto popisu je na obr. 6. Více je uvedeno v kapitole konektory. (ISO11783-2, 2012)



Obr. 6. Topologie sběrnice ISOBUS. (ISO11783-2, 2012) - upraveno.

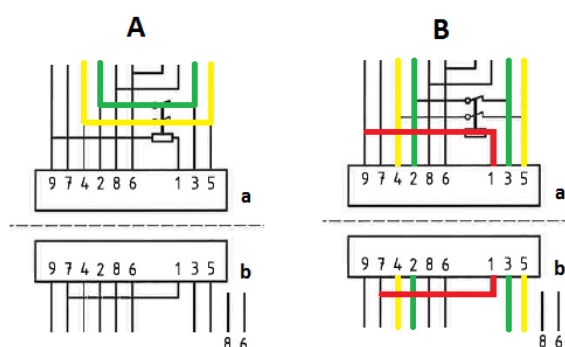
3.2.2 Konektory

Pro propojování s periferií využívá sběrnice ISOBUS čtyři konektory, jedná se o:

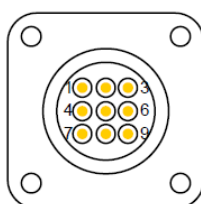
- IN-CAB konektor,
- BUS extension connector,
- IBBC (Implement bus breakaway connector),
- diagnostický konektor.

IN-CAB konektor

IN-Cab konektor je (jak již z jeho názvu vyplývá) umístěn v kabině traktoru a je zde hlavně pro propojení sběrnice s terminálem případně i přidavnými zařízeními (joysticky, pomocné ovladače, atd.) případné připojení ECU je také možné. Vzhledem k tomu, že topologie sítě je liniová, je nutné tuto lineárnost zaručit jak při zapojeném tak při vypojeném konektoru. Řešení spočívá ve vedení sběrnice dovnitř (input) a následně pak ven (output), z konektoru tedy vystupuje 8 vodičů (viz níže), dále je zde pin 1, který automaticky připojuje /odpojuje smyčku do terminálu. Na obr. 7 v situaci „A“ není konektor zapojen a tak je sběrnice vedena dále bez odbočky do konektoru, v případě situace „B“ je konektor připojen (proud (červeně)vede přes relé, to se sepne a odpojí kabely tvořící smyčku - CAN_L (zeleně)a CAN_H (žlutě)). Data tedy musí přes připojený konektor dále např. do terminálu. Je vhodné zdůraznit, že TBC_PWR (8) a TBC_RTN (6) při vedení sběrnice ven (output) není zapojeno do konektoru (tvoří tedy jen slepou větev). Na obr. 8 je popis pinů konektoru, jejich význam je uveden v tab. 2. (ISO11783-2, 2012)



Obr. 7. Odpojený a zapojený IN-CAB konektor (a – samec, b – samice). (ISO11783-2, 2012) - upraveno



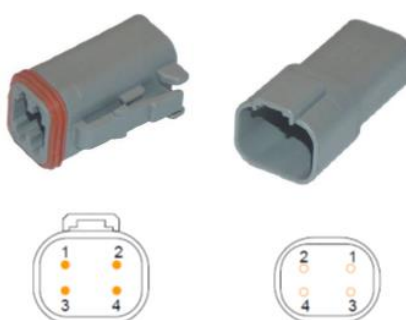
Obr. 8. In-Cab konektor (samec) – popis pinů

Tab. 2. Piny In-Cab konektoru

PIN	Význam
1	U samice je propojen s ECU_PWR a u samce s ECU_GND
2	CAN_L input
3	CAN_L output
4	CAN_H input
5	CAN_H output
6	TBC_PWR
7	ECU_PWR
8	TBC_GND
9	ECU_GND

BUS extension connector

Konektor pro prodloužení sběrnice ISOBUS nebo jiné na CANu založené sběrnici se nazývá BUS extension connector (rozšiřovací konektor sběrnice – obr. 9). Využívá se také na straně traktoru u IBBC konektoru. Jeho piny jsou popsány v tab. 3.



Obr. 9. Bus extension connector

Tab. 3. Piny rozšiřovacího konektoru sběrnice

PIN	Význam
1	TBC_PWR
2	CAN_H
3	TBC_RTN
4	CAN_L

Implement bus breakaway connector (IBBC)

Dalším normou definovaných konektorů je realizováno propojení mezi traktorem a přívěsnými zařízeními (samec na Obr. 10 a samice na Obr. 11), jedná se o IBBC (Implement Bus Breakaway Connector). V případě, že není konektor zapojen, je nutné, aby na jeho místě byl zapojen ukončující napájecí terminátor, to vyžaduje speciální zapojení. Tento konektor je vidět asi nejvíce a je také nejčastěji používán, je u něj kladen především velký důraz na mechanickou odolnost. Pomocí tohoto konektoru je také do celého přívěsného zařízení z traktoru veden elektrický proud, je to přes

konektor na straně traktoru (Obr. 11 pravá část), který je ve své podstatě sestaven ze tří samostatných konektorů. Do vrchního konektoru (na Obr. 11 pravá část) vstupují silové části, tedy ty, které jsou přímo připojeny na baterii traktoru, jedná se o PWR,GND,ECU_PWR a ECU_GDN, vstupují tam přes na obr. 10 vpravo – tento konektor se nazývá IBRC neboli ISO Box Rear Connector – tento konektor není definován v normě ISOBUS, ale vzhledem k tomu, že je masově používán, je důležité ho zmínit. Do konektoru ve spodní části (na Obr. 11 pravá část) vstupují piny ze sběrnice a jedná se tedy o Bus extension connector (viz kapitola výše). Rozmístění pinů samce IBRC konektoru je na obr. 12, tab. 4 popisuje význam těchto pinů. (ISO11783-2, 2012)



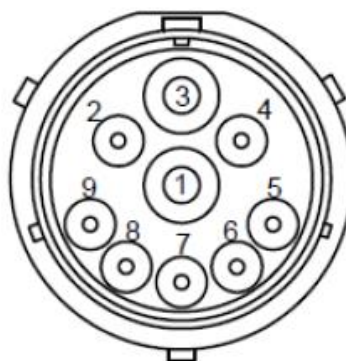
Obr. 10. Vlevo IBRC konektor (samec), vpravo IBRC (Powell, 2015)



Obr. 11. Samice IBRC konektoru (vlevo zavřená venkovní část, vpravo konektory na stranu traktoru). (Powell, 2015)

Tab. 4. Rozmístění pinů v samci IBRC konektoru.

PIN	Význam
1	GND
2	ECU_GND
3	PWR
4	ECU_PWR
5	TBC_DIS
6	TBC_PWR
7	TBC_RTN
8	CAN_H
9	CAN_L



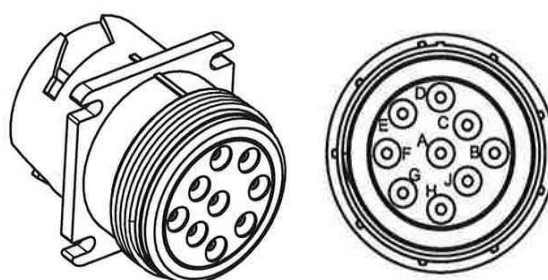
Obr. 12. Piny IBRC konektoru – samec. (ISO11783-2, 2012)

Diagnostický konektor

Poslední z konektorů je konektor pro připojení diagnostických zařízení. Jeho zvláštností je, že v sobě zahrnuje jak síť ISOBUS tak vnitřní síť traktoru. Podle normy by měl být v kabině traktoru na snadno přístupném místě, konektor a rozmístění jeho pinů je možné vidět na obr. 12 popis pinů pak v tab. 4.

Tab. 5. Rozmístění pinů v samci Diagnostického konektoru.

PIN	Význam
A	ECU_GND
B	Přímé propojení s baterií (+ 10 A)
C	Sběrnice traktoru – CAN_H
D	Sběrnice traktoru – CAN_L
E	Bez specifikace
F	Bez specifikace
G	Bez specifikace
H	ISOBUS – CAN_H
J	ISOBUS – CAN_L



Obr. 13. Diagnostický konektor (vlevo celkový pohled, vpravo pohled na piny samce). (ISO11783-2, 2012)

3.2.3 Ukončení sběrnice (Terminátor -TBC)

Jak již bylo řečeno, tak na rozdíl od sběrnice CAN nebo SAE J 1983, z kterých ISOBUS vychází, má oproti nim ISOBUS aktivní (napájený) terminátor. Napájení terminátoru je pomocí dvou vodičů TBC_PWR a TBC_RTN. Terminátor je elektronická součástka, která má za úkol zabránit jakýmkoliv odrazům z konce sběrnice a také stabilizuje napětí na sběrnici na 2,5V. TBC obsahuje právě stabilizátor napájecího napětí (TBC_PWR) na 2,5 V a sadu několika kondenzátorů na odstranění šumu a především vhodné odpory – mezi sběrnici a napájením musí být 75 ohm (u sběrnice CAN to je 120 ohm). Ve chvíli, kdy není připojeno přívěsné zařízení, musí být navíc na IBBC konektoru zprovozněn terminátor, aby sběrnice mohla bez problému nadále fungovat. V případě IN-Cab konektoru se tento problém nemusí řešit. (ISO11783-2, 2012)

3.2.4 Rychlost přenosu dat

Délka sběrnice je teoreticky omezena rychlostí, kterou po sběrnici chceme komunikovat. Přitom platí, že čím rychleji chceme komunikovat, tím kratší musí sběrnice být. Např. při jednom megabitu je to 25m, při 500 kbitech už 100m a při 10kbitech 5 km. Avšak toto omezení je pouze teoretické a opírá se o fyzikální zákony, komunikace je omezena již normou a takových to datových toků nebude nikdy sběrnice dosahovat, i kdyby měla velikost několika centimetrů. Rychlost je za všech okolností dána 250 Kbit/s a jednotlivé bity jsou tedy vysílány 4 ns po sobě. (CAN Dictionary, 2010)

3.2.5 Vývoj

Po sběrnici není možné přenášet rychle velké objemy dat. To by ale bylo velmi vhodné, protože si představme, že chceme mít například kameru na našem přívěsném zařízení, aby zblízka kontrolovala kvalitu provedené práce. Předpokládali bychom, že kameru jednoduše zapojíme na sběrnici, abychom nemuseli natahovat druhý kabel (to je přeci výhoda ISOBUSU), ale omyl, rychlost sběrnice CAN není dostatečně velká, aby takové množství dat uměla bez problému přenést. Je možné vymyslet spoustu dalších omezení, kdy se postupem času bude narážet na tento rychlostní problém, naštěstí řešení je v dohlednu a spočívá ve změně komunikačního protokolu z CANu na Ethernet (konkrétně pak Ethernet o rychlosti 100 Mbit/s), ten je 400 x rychlejší než CAN, sice má větší chybovost, ale tu bez problému vynahradí svojí rychlostí. Jeden příklad za všechny, v řídicí jednotce stroje máme software pro řízení (převážně grafická část viz kapitola 3.6) zde je soubor s koncovkou .iop, který je nutné přes sběrnici přenést do terminálu, kde se uloží a dále využívá. Za předpokladu, že bude nutné odeslat např. 2 MB dat (skutečná velikost souboru je mnohem menší vzhledem ke všem bitům odesílaným fixně), bude takový přenos po CANu trvat 64 s (výpočet: 250 kilobitů za sekundu = 0,031 megabyte za sekundu, 2 MB / 0,031 MB/s = 64,5 s). Při použití 100M bitového Ethernetu by stejný přenos teoreticky trval 0,16 s (výpočet: 2MB / 12,5MB/s = 0,16s). Toto řešení podal k patentovému řízení 18. dubna 2012 John Deere a od 13. února 2014 je publikováno pod číslem patentu US20140047152 A1. (Peters, 2014)

3.3 Norma část 3: Vrstva datového spojení

Třetí část se zabývá datovým spojením mezi jednotlivými vysílači a přijímači. Tím jak mají posílané zprávy vypadat a na co jsou jednotlivé bity ve zprávě (v data frame) vymezeny. Jak se předchází kolizím na síti a jaké jsou případné chybové stavy sítě. Tato část normy, stejně jako předchozí, odkazuje na CAN (ISO 11898), z které vychází.

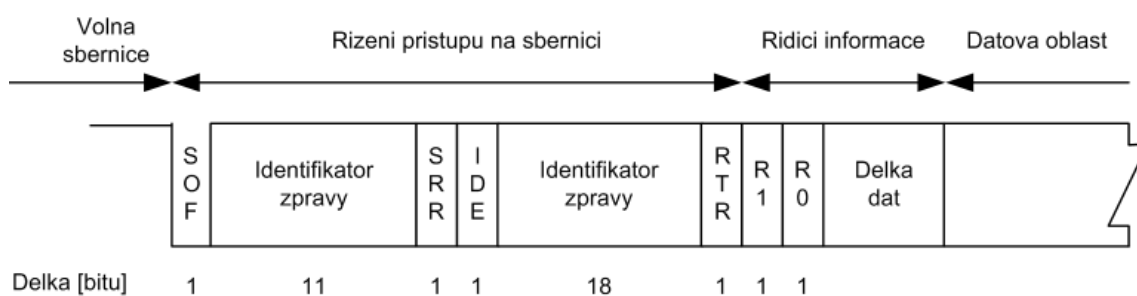
3.3.1 Struktura zprávy

Zpráva je rozdělena do rozdílných bitových polí, které je možné vidět v Tab. 6. Jednotlivé zprávy od sebe jsou odděleny 3b mezerou mezi zprávami (Interframe Space).

Tab. 6. Struktura zprávy v ISO 11783

Části zprávy	Velikost v bitech
Začátek zprávy -SOF (Start of Frame)	1
1. Část identifikátoru zprávy	11
SRR	1
Ide	1
2. Část identifikátoru zprávy	18
RTR	1
Řídicí pole (R0 a R1)	2
DLC (Data length Code bit number) - délka zprávy	4
Datové pole	64
CRC kód	15
ERC	1
ACK kód 2b (1b ACK,1b ACD)	2
Konec zprávy (End of Frame)	7
Celkem maximální velikost zprávy bez bit stuffingu	128
Celkem maximální velikost zprávy s bit stuffingem	150

Zpráva začíná jedním dominantním bitem (normální stav sběrnice je recesivní). Následuje porovnání zprávy, to je jakási hlavička, kde je obsažen především identifikátor u starší verze 2.0A nebo 2.0B (standartní formát) měl 11 bitů, u CAN 2.0B (rozšířený formát), který ISOBUS využívá, má identifikátor 29 bitů (obr. 13.).



Obr. 14. Začátek datové zprávy podle specifikace 2.0B (rozšířený formát – 29 bit identifikátor). (Polák, 2003)

3.3.2 Identifikátor zprávy u zprávy dle ISO 11783.

Identifikátor má 29 bitů, které se dají rozdělit na 6 částí (Tab. 7).

Tab. 7. Části identifikátoru zprávy

Část	Počet bitů
Prioritní bity (P1, P2, P3) – 0 nejvyšší, 7 nejnižší	3
EDP (Extended Data Page)	1
DP (Data Page)	1
PF (PDU Formát bit number)	8
PS (PDU Specific bit number)	8
SA (Source Adress) – adresa zdroje	8

3.3.3 PGN (Parametr Group Number)

Je hlavním identifikačním prostředkem při rozpoznávání jednotlivých zpráv, různém možné kombinace určují až 8196 druhů zpráv. PGN se skládá ze tří bytů (tedy 24 bitů). První byte je pro EDP a DP bity, bity před nimi jsou vyplněny nulami (6 nul), následuje PF a PS pole. (ISO11783-3, 2007)

3.3.4 PDU (Protocol Data Unit)

Normou jsou definovány dva formáty pro PDU, jedná se o PDU1 a PDU2. PDU1 se používá při zprávě s cílovou adresou. PDU2 se využívá při zprávě pro všechny. PDU je sestaveno ze sedmi polí. Jedná se o: Prioritní bity, EDP, DP, PF, PS, SA a Datové pole, ostatní bity jsou pro PDU nepodstatné a nejsou v něm zahrnuty (např. SOF, SRR, IDE,...).

To, zda je zpráva ve formátu PDU1 nebo PDU2, určuje hodnota PF, pokud je $PF < 240$, tak se jedná o formát PDU1 – tedy s určenou cílovou adresou (DA – Destination Address), v opačném případě o zprávu bez určené cílové adresy - GE (Group Extension). Pokud má zpráva ve formátu PDU1 nastavenou DA na 255, je zpráva určena všem. (ISO11783-3, 2007)

3.3.5 Druhy zpráv na sběrnici ISOBUS

Na sběrnici ISOBUS je možné identifikovat 5 druhů zpráv, jedná se o:

- Příkazy (Commands),
- Žádosti (Requests),
- Přenos /Odpověď (Broadcasts/Response),
- Potvrzení (Acknowledgements),
- Skupinové funkce (Group functions).

(ISO11783-3, 2007)

3.3.6 Pravidla komunikace na sběrnici ISOBUS

Na sběrnici je mnoho pravidel, která je třeba dodržovat pro bezproblémovou funkčnost komunikace, v normě ISOBUS však nejsou nijak specifikována, jsou pouze přebrána z normy ISO 11898 (CAN), avšak alespoň některé z nich je vhodné zmínit.

Jedním z nich je tzv. **stuff** – při odeslání pěti po sobě jdoucích stejných (recesivních nebo dominantních) bitů je vložen stuff bit (opačný), ten je zde především kvůli synchronizaci a ověření, že je vše v pořádku. Dalším pravidlem je **bit arbitration** ta zajišťuje, aby na sběrnici vždy byla jen jedna zpráva a to ta, která má nejvyšší prioritu (nejnižší identifikátor). Ověřování probíhá tak, že vysílač kontroluje, zda je na sběrnici stále to, co on vysílá, (řeší problém současného vysílání několika vysílačů) pokud se zde objeví jiný bit, než vysílá (respektive, je zde dominantní bit, když on vysílá recesivní) zprávu ihned přeruší, proto je teoretická chybovost u sběrnic založených na CANu tak malá, identifikátor má 29 bitů, tudíž existuje cca 536 milionů kombinací a pravděpodobnost, že se 2 takové zprávy začnou vysílat v rozmezí 4 ns, je již téměř nulová. (Polák, 2003)

3.4 Norma část 4: Síťová vrstva

Tato část normy popisuje nutné požadavky na síťovou vrstvu, aby zajišťovala komunikaci mezi různými CF (Control Function – řídicí funkce) v celé síti ISOBUS (v jejích různých segmentech).

Jsou zde definovány síťové služby jako přeposílání zprávy, filtrování zpráv, síťový překlad zpráv, znovu zabalení zpráv a databázový management. Síťová vrstva zajišťuje, aby se zpráva dostala ke svému příjemci, ať je v jakékoliv části sítě (segmentu) – definují se zde tedy síťové propojovací jednotky (jednou z takových jednotek je např. i TECU). (ISO11783-4, 2001)

3.5 Norma část 5: Síťový management

Tato část normy definuje, jak je zacházeno s SA (zdrojovými adresami) pro jednotlivé CF (řídicí funkce) nad řídicími jednotkami ECU. Definuje Síťové jméno jednotlivých CF – při připojení ECU k síti zde probíhá komunikace, kde je vysílána zpráva, která obsahuje popis, o jaké zařízení se jedná a i to je definováno v této části (podstatné si je uvědomit, že ECU může mít na starosti i řízení motoru/ světel u traktoru apod.). (ISO11783-5, 2001)

3.6 Norma část 6: Virtuální terminál (VT)

Šestá část normy ISOBUS se zaměřuje na fyzické i softwarové možnosti Virtuálních terminálů. Virtuální terminál je prostředí mezi uživatelem (traktoristou) a přívěsným strojem. VT zajišťuje řídicí funkce a z principu není vybaven ECU, je sestaven z grafického displeje a funkčních tlačítek. V moderních terminálech se navíc objevují integrované další části normy jako je TC (Task Controller), sekundární TECU atd. Tyto přídatné části však nejsou v normě část 6 definovány. Ve smyslu VT

definovaného normou je pouze umožňovat ovládání různých připojených zařízení (jejich *Working Setů*) bez jakéhokoliv problému s kompatibilitou. V Tab. 8 jsou definovány verze VT, dále jsou normou definovány verze Working Setů.

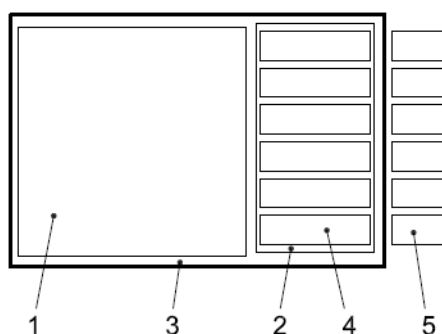
Tab. 8. Verze VT.

Verze	Popis
0	Hannover Agritechnica 2001
1	Verze FDIS (Final Draft International Standard)
2	IS Verze ISO 11783-6:2004(E), První Edice, 2004-06-15
3	IS verze ISO 11783-6:2010(E), Druhá Edice, [ISO 11783-6:2004(E) a funkce, které jsou výslovně uvedeny pro verzi tři]
4	IS Verze ISO 11783-6:2010(E), Druhá Edice

(ISO11783-6, 2010)

3.6.1 Fyzické parametry VT

Virtuální terminál se fyzicky skládá z obrazovky, na které jsou vyhrazeny jednotlivé části pro specifické funkce. Dále pak z tlačítek (fyzicky nebo i pouze oblast na dotykové obrazovce), ty jsou buď s proměnnou, nebo se stálou funkcí. Na Obr. 15 je typický VT s čtvercovou oblastí pro Data masku (1), oblastí pro Softkey Masku (2), oblastí celé grafické obrazovky (3), šesti pod sebou umístěnými Softkey (4) a šesti fyzickými tlačítky funkčně přidruženými k jednotlivým Softkey (5).



Obr. 15. Normou definovaný VT. (ISO11783-6, 2010)

Dále norma definuje, že na terminálu musí být přítomny výše zmíněné Softkey tlačítka (žádné nemusí být přítomno fyzicky, a jejich počet musí být mezi 6 a 64), mezi jednotlivými vstupními poli se musí dát navigovat např. pomocí rotačního ovladače apod. a terminál musí umožňovat zadávání různých hodnot ať už číselných tak textových. Musí zde být akustický alarm atd. (ISO11783-6, 2010)

Velikosti oblastí

Rozlišení data mask oblasti musí být vždy čtvercové o minimálně 200 x 200 pixelů. Další doporučené velikosti jsou: 240 x 240, 320 x 320, 480 x 480, nebo jakákoliv jiná čtvercová. Rozlišení softkey tlačítka je minimálně 60 x 32 (š x v) pixelů. (ISO11783-6, 2010)

Barvy

Norma rozlišuje tři druhy barevných hloubek: monochromaticky, 16 barev a 256 barev (v posledním případě se jedná o 216 barev v RGB kombinacích s 00, 33, 66, 99, CC, FF v hex. soustavě + odstíny šedé). Dále si je možné vybrat transparentní barvu, která nebude na obrázcích zobrazena a místo ní bude zobrazena barva pod ní. (ISO11783-6, 2010)

3.6.2 Working Set a Object Pool

Working Set je ovládací rozhraní řídicí jednotky (ECU) nebo i více jednotek, které komunikuje s VT a při první komunikaci jí pošle svůj Object Pool což je datový soubor s příponou .iop (ISOBUS Object Pool), který je tvořen ve specializovaných programech, jejichž shrnutí je na konci této kapitoly.

Object Pool je souhrn všech grafických elementů potřebných k uživatelské interakci s ECU. Jedná se o všechny grafické elementy, které uživatel může vidět na obrazovce Virtuálního terminálu. Object Pool může být stejně velký jako je velikost paměti daného terminálu. (ISO11783-6, 2010)

Elementy pro tvorbu Object poolu je možné rozdělit do několika skupin, jsou to **Masky, Grafické prvky, Vstupní prvky, Výstupní prvky, Další.**

Masky

Masky jsou ústřední prvek pro tvorbu Object Poolu, na nich jsou všechny další elementy a při vytváření hierarchií menu atd. jsou zcela klíčové. Masky se dělí na:

- Data masky,
- Softkey masky,
- Alarm masky.

Data masky obsahují grafické, vstupní a výstupní pole a jejich účelem je informovat uživatele o stavech stroje, je k nim možné přidružit relativně neomezené množství Softkey masek, běžně má jedna Data jednu až tři Softkey masky. Softkey maska je tvořena z jednotlivých Softkey, což jsou tlačítka s funkcí (např. makrem) a obvyčejně i přidruženým obrázkem. Alarm masky jsou zobrazeny při chybě a mají tedy vyšší prioritu než Data Masky, opět je k nim přidružena Softkey maska.

Grafické prvky

Jednotlivé grafické prvky umožňují vytvářet uživatelsky příjemné prostředí a jedná se zejména o linie, polylinie, obdélníky, elipsy nebo obrázky ve formátu bmp (bitmapa).

Vstupní prvky

Jedná se o prostředky, pomocí kterých uživatel může interagovat s řídicí jednotkou, jsou to: Vstupní pole jako checkboxy, pole pro zadání číselné hodnoty, případně textového údaje a výběry z předpřipravených listů.

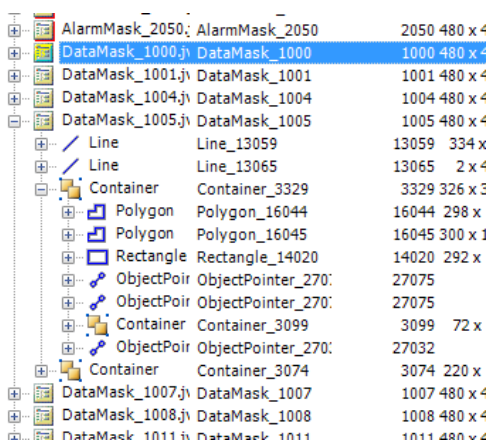
Výstupní prvky

Mezi výstupní prvky se řadí výstupní prvek pro výstup textu, čísel a listovací prvek. Obvykle se jako výstupy používají i grafické objekty vložené do kontejneru, které se vhodně překrývají.

Další

Jedním z nejdůležitějších prvků v hierarchii je **contejner**, je nad ním totiž možné uskutečnit událost show/hide (zobrazit/skrýt), která je k vytvoření proměnlivého uživatelského prostředí klíčová. Posledním zmíněným objektem je **ObjectPointer**, který ukazuje na libovolný jiný objekt v hierarchii, čímž je možné při vytváření Data masky ušetřit mnoho hardwarové paměti.

Na Obr. 16 je výřez Object poolu v programu ISO-Designer, kde je možné vidět struktura jednotlivých prvků. Jako hlavní objekty jsou na výřezu vidět masky (data a alarm), které se skládají z dalších komponent, jako jsou linie, kontejnery, polygony atd.



AlarmMask_2050.j	AlarmMask_2050	2050 480 x 4
DataMask_1000.j	DataMask_1000	1000 480 x 4
DataMask_1001.j	DataMask_1001	1001 480 x 4
DataMask_1004.j	DataMask_1004	1004 480 x 4
DataMask_1005.j	DataMask_1005	1005 480 x 4
Line	Line_13059	13059 334 x
Line	Line_13065	13065 2 x 4
Container	Container_3329	3329 326 x 3
Polygon	Polygon_16044	16044 298 x
Polygon	Polygon_16045	16045 300 x 1
Rectangle	Rectangle_14020	14020 292 x
ObjectPoir	ObjectPointer_270:	27075
ObjectPoir	ObjectPointer_270:	27075
Container	Container_3099	3099 72 x
ObjectPoir	ObjectPointer_270:	27032
Container	Container_3074	3074 220 x
DataMask_1007.j	DataMask_1007	1007 480 x 4
DataMask_1008.j	DataMask_1008	1008 480 x 4
DataMask_1011.j	DataMask_1011	1011 480 x 4

Obr. 16. Výřez object poolu v programu ISO-Designer.

3.6.3 VT Designéry

VT Designéry jsou nástroje pro tvorbu Object Poolů, měly by být kompatibilní s normou ISOBUS část 6 a umožňovat výběr, s jakou její verzí chce uživatel pracovat při vytváření Object poolu. Seznam dostupných VT designérů:

- ISO-designer (Jetter),
- VT- designer (OSB),
- Pconvert (DLG),

- PoolEdit (OpenSource),
- Mask Generator (WTK),
- JDUI (John Deere).

3.7 Norma Část 9: Traktor ECU

TECU (řídící jednotka traktoru) musí fungovat jako brána mezi sběrnici ISOBUS a sběrnici traktoru (většinou CAN). TECU předává mezi těmito sběrnici vyžádané informace. Na základě dat, která je možné mezi sběrnici vyměňovat, jsou TECU (respektive rozhraní mezi traktorem a přívěsným zařízením) děleny do tří kategorií, jedná se o Třidu (Class) 1, 2 a 3. Třídy Tecu reflektují pozvolný vývoj, kdy první třída v podstatě jen přejímá normu ISO 11786, druhá přidává celou paletu všech informací ze všech ECU v síti traktoru a třetí třída pak umožňuje přívěsnému zařízení ovládat traktor.

3.7.1 Třída 1

TECU ve třídě 1 podporuje přeposílání minimálně stejných informací jako ISO 11786, to z toho důvodu, aby výrobci traktorů mohli velmi rychle a snadno podporovat normu ISOBUS. Minimální nutné požadavky jsou na přeposílání zpráv o power managementu (pozice klíče v zapalování,...) a osvětlení. Dále by měly být přítomny informace o rychlosti od kola, rychlosti z radaru a motorové. Pozice závěsu, Otáčky vývodového hřídele. (ISO11783-9, 2002)

3.7.2 Třída 2

Nad možnosti třídy 1 přidává třída 2 možnosti přeposílání naprosto všech informací, které jsou v traktoru dostupné. Např. přidává informace o hydraulických ventilech apod. (ISO11783-9, 2002)

3.7.3 Třída 3

Nad rámec třídy 2 umožňuje traktoru třída 3 možnost být řízen pomocí příkazů z přívěsného zařízení. Umožňuje ovládat rychlost, rychlost otáčení vývodové hřídele, pozici závěsu apod. Traktor tyto příkazy může nepřijmout. (ISO11783-9, 2002)

Dále jsou v normě specifikovány další informace, které by měly být přeposílány jako informace o GPS pozici, nebo v případě, že traktor obsahuje nadstandardní příslušenství tak informace z něj. Vysvětluje princip ovládání osvětlení a napájení.

3.8 Norma Část 10: Task controller a informační systém výměny dat

Task Controller (TC) je normou definovaná funkce, která může mít jak vlastní ECU tak většinou bývá přímo implementována ve Virtuálním terminálu jako aplikace. Tasky (úkoly) jsou vytvářeny ve FMIS programech na PC. Tasky jsou zadáním pro traktoristu co (setí, atd.), kde, kdy, s čím (jakým traktorem atd.) má dělat. Při plnění tasku se jeho postup zaznamenává, ať již časově (veškeré přerušení atd.)

nebo přímo pomocí GPS a vše, co je vykonáno, následně může být zkontrolováno odpovědným pracovníkem. TC může samozřejmě spolupracovat s přívěsným zařízením a snímat informace z něj nebo ho přímo i ovládat, v takovém případě se může jednat například o setí/hnojení podle aplikační mapy, jízdu dle GPS (v předem vytvořených kolejích atd.). (ISO11783-10, 2009)

Postup činností s TC začíná vytvořením tasku v programu FMIS (ten by měl být vytvořen ve formátu ISO - XML), následuje vložení Tasku do TC (to může být provedeno v závislosti na terminálu např. pomocí USB disku, emailem přes GSM box apod.). Následuje samotné vykonání tasku s průběžným ukládáním hodnot např. o počtu ošetřených hektarů atd. Při dokončení tasku je často vygenerován záznam se všemi potřebnými údaji pro vytisknutí a samozřejmě záznam ve formátu ISO-XML, který se následně nahraje do programu FMIS, kde je možné vše podstatné vyčíst.

3.9 Norma Část 12: Diagnostické služby

Fyzickou vrstvou pro diagnostické služby na sběrnici by měl být snadno přístupný Diagnostický konektor v kabině traktoru (kap 3.2.2 – Diagnostický konektor). Pro potřeby Diagnostiky musí být možné identifikovat hardware a software ECU – hardware pomocí zprávy PGN 64965 a software pomocí zprávy PGN 65242. (ISO11783-12, 2009)

3.10 Norma Část 13: Souborový server

Souborový server umožňuje jednotlivým CF potažmo ECU ukládat a sdílet data. Norma definuje stromovou strukturu souborů, která je obdobná, jako je zvykem na OS Windows. (ISO11783-13, 2006)

3.11 Norma Část 14: Sekvenční řízení

Nejnovější ze všech částí normy definuje sekvenční řízení. Sekvencí je myšleno několik automaticky prováděných úkonů v předem daném pořadí (například na souvrati). Hlavním důvodem je sjednocení akcí na přívěsném zařízení a v traktoru, kdy nad řízením převezme kontrolu speciální kontrolní mód, který má svůj vlastní Object Pool a vlastnosti jako nahrávání dané sekvence, její opětovné přehrání pro ladění a úprava. (ISO11783-14, 2009)

4 Cíl práce

Jak plyne z literární rešerše, je potřeba zabývat se normou ISOBUS a edukovat ji velmi podstatná, i když je norma teprve v počátcích, je možné sledovat, že se dobře ukotvila na poli zemědělské techniky a z vývojových center se ve velkém přesunula na pole celého světa. Je obtížné prognostikovat, ale nyní se zdá velmi pravděpodobné, že dříve nebo později již na trhu nebude traktor ani přívěsné zařízení, které by normu nepodporovalo.

I přesto, že má norma ISOBUS od svého prvního otestování v provozu za sebou již dvanáct let vývoje, můžeme konstatovat, že v České republice vzniknul první kompatibilní stroj teprve nedávno (a to právě ve firmě Bednar FMT), ani vybavení výzkumných a vývojových středisek nereflektuje s nutnou potřebou dělat řízení stroje podle normy ISOBUS, mezi firmou Bednar FMT konkrétně pak konzultantem této diplomové práce Dr.-Ing. Jiřím Vondříčkou Ph.D a KZT ČZU vedoucím diplomové práce Prof. Dr. Ing. Františkem Kumhálou tak vznikla myšlenka na vytvoření edukativního a testovacího centra ISOBUS, které by sloužilo jak pro vývoj, tak pro školení a výuku v ČR prozatím zanedbávaného ISOBUSu.

Z toho důvodu je cílem této práce vytvořit centrum pro testování a školení systémů se sběrníci ISOBUS. Navrhnout potřebné komponenty, které by měly v takovém centru být a případně je vyrobit. Ucelit veškeré hardwarové a softwarové požadavky na takovéto centrum a následně ho také v praxi vyzkoušet. Hlavním cílem je v rámci této laboratoře vytvořit funkční modelové zapojení soupravy traktor a přípojný stroj s ISOBUS sběrníci a ověřit funkčnost takového zapojení.

5 Metodika

V rámci diplomové práce bylo třeba specifikovat pojem školící a testovací laboratoř, určit co vše je nebo může být taková školící a testovací laboratoř a co vše by v ní mělo být. Zejména je přitom nutné určit všechny potřebné komponenty pro výrobu modelového zapojení soupravy traktor a přívěsné zařízení.

Po vybrání komponent laboratoře je na řadě jejich návrh a u vybraných z nich i fyzické vytvoření. Nejdůležitější komponenty laboratoře jsou modelové zapojení secího stroje a modelové zapojení traktoru ve formě boxu.

Hlavní součástí školícího a testovacího laboratoře by měly být tabule s řídicími jednotkami pro jednotlivé stroje, na kterých by bylo možné testovat funkce strojů a samozřejmě i školit zaměstnance či studenty. Typem vhodného stroje (zejména díky komplexnímu elektronickému řízení) pro vytvoření takové tabule je secí stroj. Vzhledem k tomu, že je práce částečně vykonávána pod záštitou českého výrobce zemědělské techniky Bednar FMT, bude jako první stroj pro centrum modelově zpracován secí stroj Omega OO. Školící a testovací tabule bude nejprve v několika krocích navrhována a následně fyzicky vytvořena. Druhou obdobně důležitou součástí je modelové zapojení traktoru, které by mělo zejména poskytovat napájení do ISOBUS sběrnice a možnost připojení různých terminálů.

Po fyzickém vytvoření následuje ověření funkce laboratoře a zejména pak praktické ověření modelových zapojení traktor a přívěsné zařízení, na kterých se uskuteční testování komunikace po sběrnici ISOBUS.

6 Školící a testovací laboratoř ISOBUS

Praktická část se zabývá vytvořením Školící a testovací laboratoře ISOBUS, popisem, odůvodněním a částečně také návrhem a vytvořením všech potřebných hardwarových a softwarových komponent, které by měly být v takové laboratoři přítomny.

Požadavky na laboratoř

Laboratoř musí umožňovat školení a testování. Školení se zaměřením na ISOBUS s konkrétním příkladem v podobě secího stroje Omega OO (školení musí být využitelné jak pro interní školení firmy Bednar FMT tak pro použití na univerzitě). Stěžejním požadavkem na laboratoř je vytvoření **modelové školící a prezentační tabule** (v našem případě) pro secí stroj Omega OO firmy Bednar FMT, která je modelem reálného komplexního zapojení elektroniky v secím stroji s řídicí jednotkou kompatibilní se standardem ISOBUS. Vytvoření obdobné tabule či alespoň zapojení je základním předpokladem pro školení a i v případě testování systému je to velmi vhodný (i když ne nutný) prostředek.

Další důležitou součástí laboratoře je **modelové zapojení ISOBUS kabeláže traktoru**, které je v této práci realizováno jako box nahrazující ISOBUS zapojení traktoru, ke kterému musí být možné připojit řídicí jednotky přívěsných strojů a různé terminály, laboratoř by tak měla umožňovat:

- odchyťovat jednotlivé zprávy při komunikaci po sběrnici ISOBUS (testování komunikace),
- připojit ECU na několik terminálů,
- simulaci GPS signálu přes PC (vhodné v rámci testování TC),
- pro školení umožňovat zobrazit obraz terminálu na PC.

6.2 Modelová školící a prezentační tabule pro Secí stroj Omega OO firmy Bednar FMT s ISOBUS sběrnici

Školící a prezentační tabule je ústřední prvek celého školícího centra, je na ní vysvětleno veškeré elektronické zapojení a to jak sběrnicevého systému ISOBUS tak i kompletního elektronického zapojení secího stroje firmy Bednar FMT OMEGA OO. Hlavní částí je návrh umístění a popisu komponent včetně technického řešení umístění jednotlivých komponent a konstrukce tabule samotné, tak, aby vyhovovala jak objemově, tak hmotnostně možnostem časté přepravy. Hlavní účel tabule samotné je jednoduchá prezentace systému ISOBUS a elektroniky secího stroje studentům a také zaměstnancům firmy Bednar FMT při interních školeních napříč Evropou. Tabule má dvě části, kdy první zahrnuje možné zapojení traktorů (dvěma způsoby – bez TECU a s TECU) a druhá část právě zapojení secího stroje.

6.2.1 Požadavky

Z konstrukčního hlediska by tabule měla být zejména snadno přepravovatelná a bytelná. Z důvodu školení i pro zahraniční účastníky jsou nutné popisky v anglickém jazyce. Tabule by měla umožňovat snadné pochopení systému ISOBUS a zároveň i pochopení elektroniky secího stroje, který zde z důvodu objemu a hmotnosti nemůže být úplný a proto je důležité vybrat jen vhodné komponenty. Na tabuli musí být možnost simulovat stavy secího stroje, které mohou nastat v provozu, jedná se o naplnění zásobníků (2 senzory vymezující tři stavy), pracovní pozici (v pracovní pozici /mimo pracovní pozici) a rychlost otáčení ventilátoru a rychlost pojezdu.

6.2.2 Návrh

Návrh tabule je rozdělen do tří částí, jedná se o konstrukční část, kde je řešeno, z čeho je vyrobena konstrukce tabule, dále o grafickou část, kde jsou vysvětleny hlavní grafické prvky na tabuli a část pojednávající o komponentách tabule.

Konstrukční část

Konstrukční část je řešena jako montovaná z prefabrikovaných hliníkových profilů s výplní z kompozitních dřevěných desek (překližek). Při výběru materiálu konstrukce byl kladen důraz jak na únosnost (celková váha jednotlivých prvků je cca 20 kg) a praktičnost, tak na estetické provedení. Bylo řešeno více možností technického provedení konstrukce a nakonec zvítězila varianta bez vlastních „noh“, ale se skrytým dnem, kde jsou skryty veškeré „neestetické“ části jako jsou smyčky z elektrického vedení apod. Tabule je uzavíratelná z důvodu krytí vnitřních částí před případným poškozením při přepravě. Jedním z hlavních požadavků bylo, aby byla tabule snadno transportovatelná a proto se její rozměry přizpůsobovaly velikosti kufru Octavie Combi (se sklopenými sedačkami) a výsledné rozměry jsou 950x1000x390 (dxšxv). Vzhledem k otevíracím dvířkům byly malé nohy nakonec přidělaný, tabule je nicméně koncipována na umístění na vyvýšeném místě ideálně pak na větším stole, na který je následně možné umístit i terminál a případně testovací PC.

Kostra

Na samotnou kostru jsou použity prefabrikované hliníkové profily od německé firmy Haberkorn Ulmer, která využívá systém item24, konkrétně pak Profil 6 30x30 L (0.0.419.06), jeho řez viz obr. 16.



Obr. 17. Řez profilem 6 30x30 L. (Industrietechnik, 2015)

Kostru školící a prezentační tabule je možné vidět v příloze 1 - Fotografie modelové školící a prezentační tabule z průběhu konstrukce.

Výplň

Na výplň byly použity smrkové kompozitní dřevěné desky (překližky). Šířka u nosných částí (tedy takových, na kterých jsou přidělané jednotlivé komponenty) je 8 mm u nenosných pak 4 mm.

Grafická část

V grafické části jsou zpracovány všechny návrhy samolepících polepů, které mají za úkol zjednodušit pochopení funkcionality systému. Jedná se jak o popisky, tak o schémata zapojení elektroniky traktoru a secího stroje.









Schéma elektroniky secího stroje

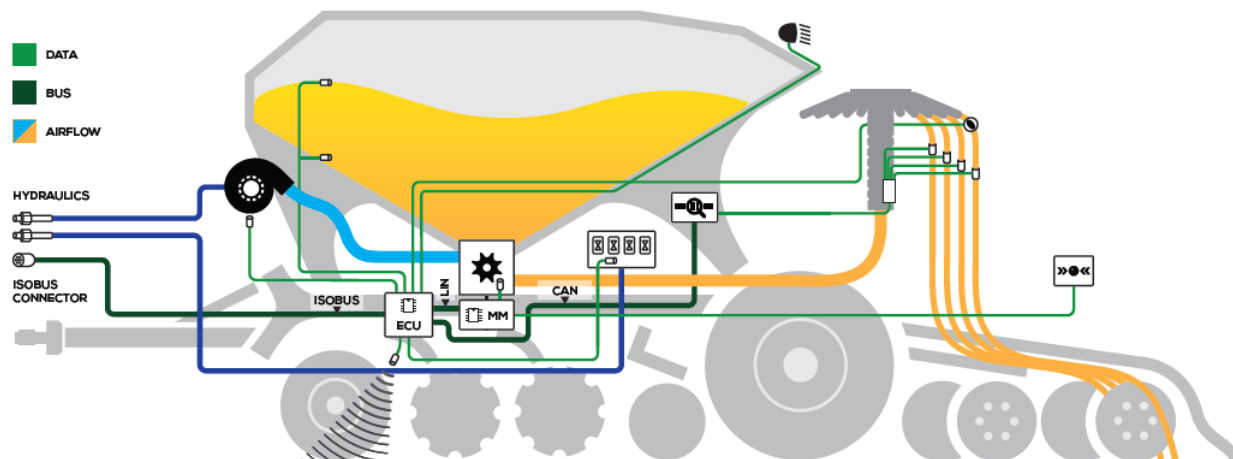
Na Obr. 18 je zjednodušené schéma elektroniky secího stroje, zjednodušení je pro snadné pochopení funkcionality a propojení všech komponent. Velmi zjednodušeně zde jsou i naznačeny dva hydraulické okruhy, které mají blízkou spojitost s elektronikou a dále pak proud vzduchu.

Co se samotné elektroniky týká, jsou zde tři sběrnice (Tmavě zelená barva):

- ISOBUS,
- CAN,
- LIN.

Tab. 9. Schématické značky použité na Obr. 18.

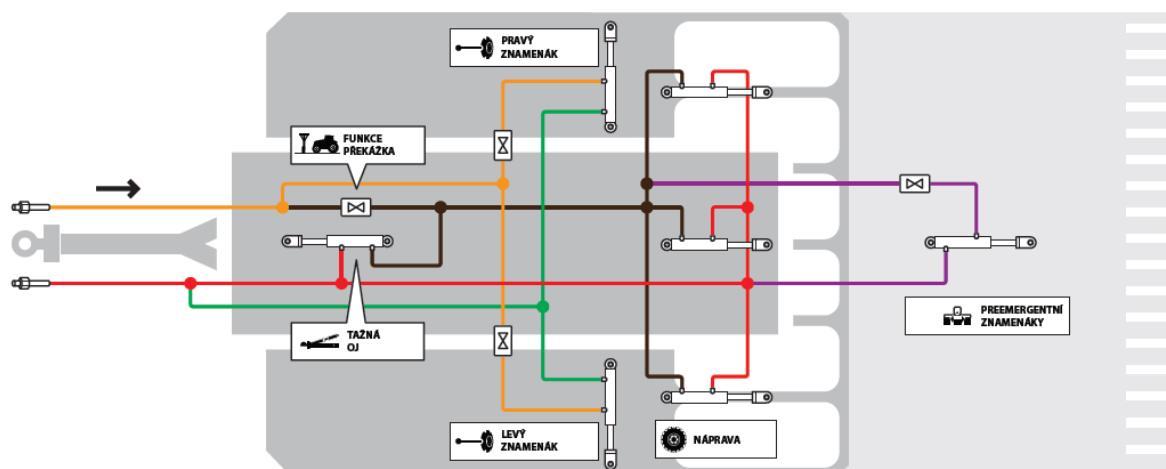
Název	Značka
ECU (elektronická řídicí jednotka)	
MM (motor modul)	
Motor se senzorem pro zpětnou vazbu	
Blok hydraulických funkcí se senzorem pracovní polohy	
Modul kontroly průtoku osiva	
Osvětlení	
Klapka kolejových řádků	
Kalibrační tlačítko	



Obr. 18. Schéma elektroniky secího stroje Omega OO.

Schéma zapojení elektro-hydraulických ventilů

Na Obr. 19 jsou ilustrovány funkce, které jsou ovládány pomocí elektrohydraulických ventilů umístěných v hydraulickém bloku. Jedná se o ovládání pravého a levého znamenáku, funkci překážka a preemergentní znamenák kolejových řádků. Na modelu jsou pak na jednotlivých místech diody signalizující aktivitu daného elektro-hydraulického ventilu.



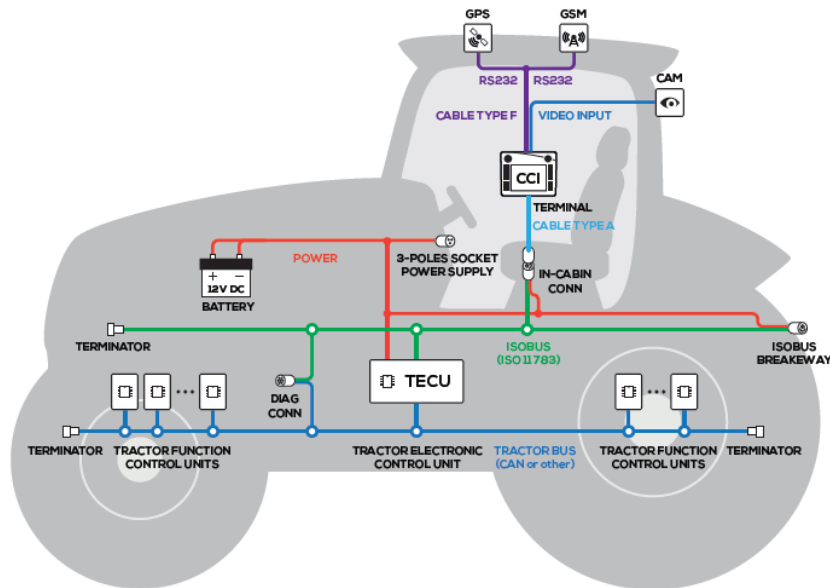
Obr. 19. Zjednodušené schéma hydraulického okruhu secího stroje Omega OO s řídicími ventily.

Schéma zapojení elektroniky traktoru s TECU

Na Obr. 20 je možné vidět traktor s integrovanou TECU, která propojuje sběrnici ISOBUS s interní sběrnici traktoru a předává na ni všechny potřebné údaje. Na obrázku jsou pro kabelové vedení použity rozdílné barvy a jejich vysvětlení je následující:

- Červená – 12V elektrické napájení
- Zelená – ISOBUS
- Modrá – interní sběrnice traktoru (často CAN)

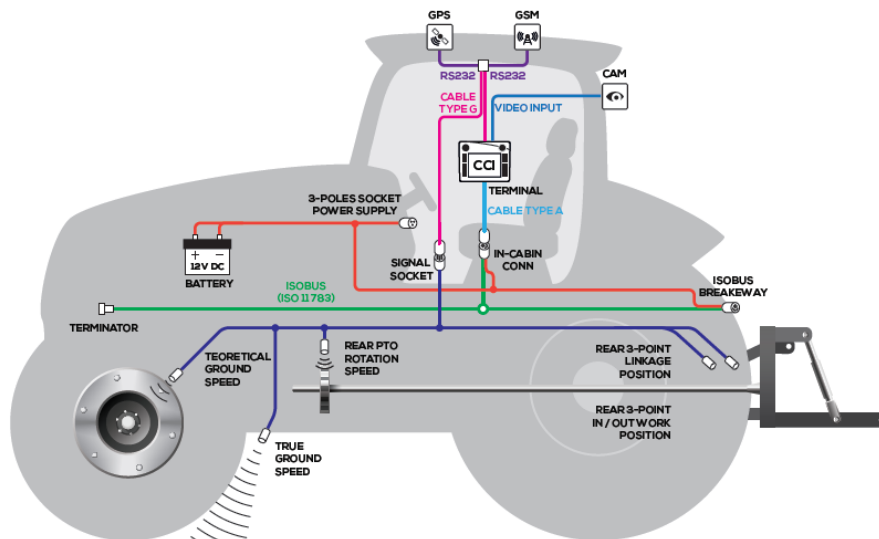
- Zbylé (fialová, tmavě a světle modrá) – kabely pro propojení terminálu CCI s příslušnými periferiemi



Obr. 20. Schéma zapojení elektroniky traktoru s TECU.

Schéma zapojení elektroniky traktoru bez TECU (s podporou ISO 11786).

V případě, že traktor není interně vybaven TECU, ale má alespoň signální zásuvku, vypadá jeho elektronické schéma podle Obr. 21.



Obr. 21. Schéma zapojení elektroniky traktoru bez TECU (s podporou ISO 11786).

Komponenty

V Tab. 10 je kompletní seznam komponent potřebných pro vytvoření modelu elektroniky secího stroje Omega OO. Stejně jako v secím stroji tak i v modelu musí být všechny komponenty, jsou zde

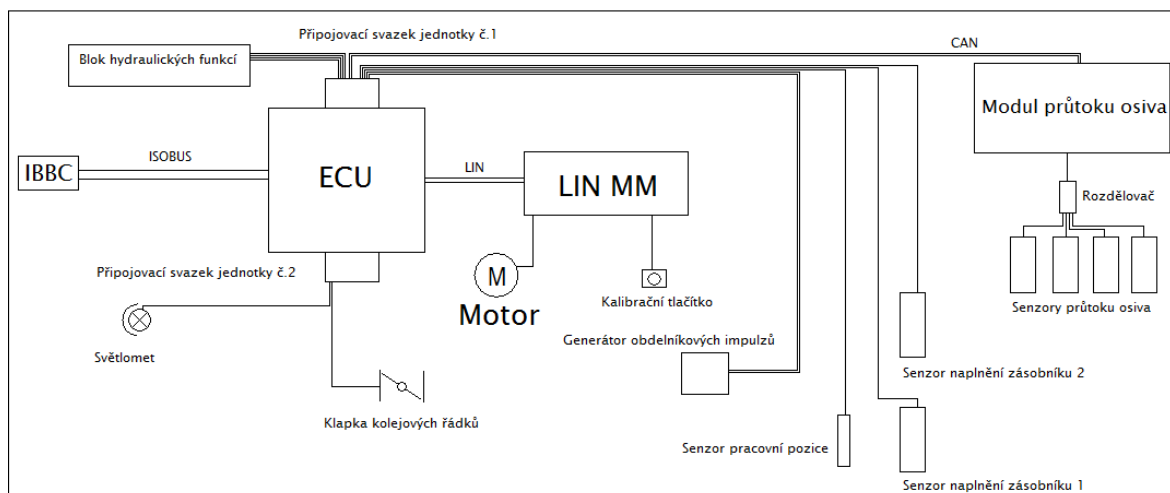
však pouze v jednom maximálně ve dvou exponátech, z důvodů jak úspory finančních prostředků, tak úspory hmotnosti a objemu.

Tab. 10. Komponenty použité pro vytvoření modelu secího stroje

Název	ks
ISOBUS ECU	1
Motor Modul	1
Pracovní sensor	1
Snímač hladiny osiva/hnojiva	2
Radarový sensor	1
Světlomet	1
Tlačítko kontrolního výsevku	1
Výsevní motor	1
Připojovací svazek jednotky č. 1	1
Připojovací svazek jednotky č. 2	1
Generátor obdélníkových pulzů	2
Klapka elektrická uzavírací	1
ECU snímače průtoku osiva	1
Snímače průtoku osiva	4

Blokové schéma zapojení komponent

Na Obr. 22 je znázorněno blokové schéma zapojení všech elektronických komponent, které jsou na tabuli přítomny. V příloze 2. je možné vidět kompletní schéma elektrického vedení tabule.



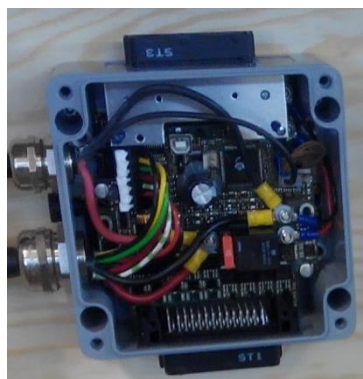
Obr. 22. Blokové schéma zapojení komponent.

Popis jednotlivých komponent modelu secího stroje

Následuje soupis jednotlivých prvků s jejich popisem.

ECU

Řídicí jednotka secího stroje (Obr. 23), je v ní uložen program včetně IOP a jsou do ní přivedeny veškeré vstupy/ výstupy (I/O) ze senzorů, mimo to zajišťuje vlastní ISOBUS komunikaci. S jednotkou Motor Modulu komunikuje po LIN sběrnici a s jednotkou snímačů průtoku osiva po CAN sběrnici. Řídicí jednotka je napájena z vodičů ECU_PWR a ECU_GND. Dále jsou do ní přivedeny z traktoru přes ISOBUS kabel vodiče PWR a GND, které přímo vedou k MM. Následně i vodiče PWR_RTN a GND_RTN, které jsou využity pro napájení TBC a jako poslední vstupují do ECU signály CAN_L a CAN_H pro vlastní ISOBUS komunikaci.



Obr. 23. Otevřená ECU secího stroje.

Motor modul

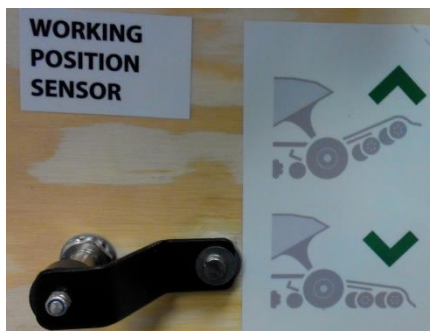
Motor modul (Obr. 24) na základě údajů z řídicí jednotky (komunikuje přes LIN sběrnici) reguluje otáčky jednoho nebo dvou výsevních motorů. Regulace probíhá na základě pulzně šířkové modulace (PWM). Umožňuje provádět autokalibraci regulačních parametrů. Jeho vstupy jsou tlačítka/o kontrolního výsevku a zpětná vazba ze senzorů na motoru (signál - 8 impulzů za otáčku motoru, senzor je navíc umístěn za převodovkou s poměrem 1:36, tzn. na jednu otočku motoru je přivedeno 288 impulzů).



Obr. 24. Otevřený Motor modul secího stroje.

Pracovní senzor

Indukční senzor, který svým stavem (1/0) udává, zda je sečí stroj v nebo mimo pracovní pozici. V softwaru je možné nastavit, který stav znamená v pracovní pozici a který mimo. Na Obr. 25 je možné vidět pracovní senzor přímo aplikovaný na tabuli s vysvětlujícím obrázkem a otočným kovovým protikusem s magnetem.



Obr. 25. Pracovní senzor s grafikou na tabuli.

Snímač hladiny osiva/hnojiva

Kapacitní senzor, který vyhodnocuje, zda je, nebo není svou snímací částí ponořen v osivu. Jeho citlivost je možné velmi přesně nastavit. V každém zásobníku na osivo mohou být dva a vymezovat tak 3 stavy (plné/hladina osiva pod vrchním senzorem/hladina osiva pod spodním senzorem (prázdné)). Na Obr. 26 je možné vidět finální provedení snímačů na tabuli i s grafikou znázorňující jejich funkci, pomocí otočného kovového L je možné simulovat všechny 3 stavy naplnění zásobníku a nelze přitom docílit nemožných stavů.



Obr. 26. Snímače hladiny osiva s grafikou na dokončené tabuli.

Radar

Funkcionalita je obdobná jako u normy ISO 11786, na jeden ujetý metr tedy radar dává cca 130 impulzů (v závislosti na terénu a natočení radaru vůči povrchu) (ISO11786, 1995). V případě modelu je zde však pouze z důvodu ukázky (Obr. 27), není zapojen, rychlost je simulována pomocí generátoru impulzů.



Obr. 27. Radar umístěný na tabuli.

Světlomet

LED diodový světlomet umístěný na tabuli je možné vidět na Obr. 28.



Obr. 28. LED diodový světlomet.

Tlačítko kontrolního výsevku

Kalibrační tlačítko (Obr. 29) je určené k vzdálenému ovládní řídicí jednotky v průběhu kalibrace.



Obr. 29. Kalibrační tlačítko.

Výsevní motor

Výsevní motor (Obr. 30) je ovládán pomocí PWM z MM. Vstupní napětí je 12 V, maximální otáčky jsou 2700 rpm, v praxi max. 2300 rpm. Průtok proudu max. 11,5 A. Výkon motoru je tedy cca 138W.



Obr. 30. Výsevní motor

Připojovací svazek jednotky č. 1

Připojovací svazek jednotky č. 1 (obdobný tomu na Obr. 31) je svazek mnoha vodičů, který je využíván k propojení senzorů a akčních členů s ECU. V případě svazku č. 1 se jedná o: vstup z ventilátoru a radaru (v případě modelu tedy připojení ke generátoru pulzů), senzory v zásobnících osiva, ovl. hydraulického ventilu u funkce překážka, senzor pracovní polohy, hydraulické ventily ovládání bočních znamének a preemergentního znaménku, dále je ve svazku sběrnice CAN (křížené dvou vodičové vedení) pro připojení do ECU snímačů průtoku osiva.

Připojovací svazek jednotky č. 2

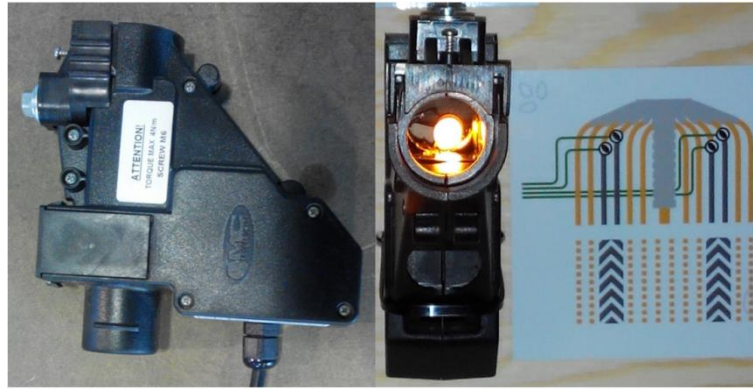
Připojovací svazek jednotky č. 2 (Obr. 31) má stejnou funkci jako svazek č. 1 avšak s připojením do jiných senzorů případně akčních členů, jedná se o vývody k osvětlení a vývody k elektrickým uzavíracím klapkám.



Obr. 31. Připojovací svazek jednotky č. 2

Klapka elektrická uzavírací (kolejových řádků)

Klapka s elektromotorem, která při kolejových řádcích uzavírá hadici, která do kolejového řádku vede. Pro názornou ukázkou na modelu samotném je pak zevnitř podsvícena LED diodou, při změně (otevření / zavření klapky) je pak tento jev snadno patrný. Na Obr. 32 jsou dva pohledy na klapku, vlevo je pohled z boku a vpravo je pohled zepředu při aplikaci na tabuli.



Obr. 32. Klapka kolejových řádků (vpravo v aplikaci na tabuli s LED a grafikou)

ECU snímače průtoku osiva

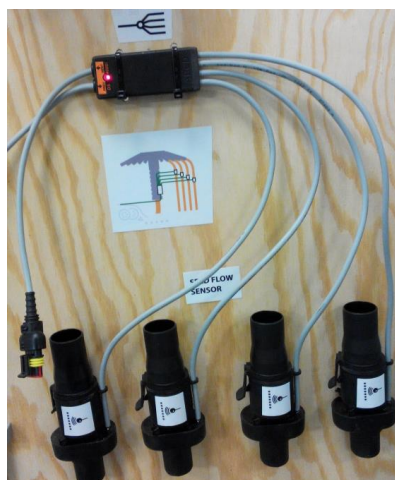
K řídicí jednotce snímače průtoku osiva (Obr. 33) jsou připojeny jednotlivé samotné senzory, které jsou stejně jako jednotka sama na sběrnici CAN a jsou tedy adresované.



Obr. 33. Modul průtoku osiva

Snímače průtoku osiva

Snímače průtoku osiva jsou v principu optické senzory, jejichž úkolem je snímat zda v dané výsevni hadici proudí osivo nebo hnojivo, softwarově je možné měnit jejich citlivost. Zapojují se po svazcích, kde jsou zapojeny 4 snímače do jednoho rozdělovače, toto zapojení je možné vidět na Obr. 34.



Obr. 34. Snímače průtoku osiva s rozdělovačem

Hydraulické funkce (elektricky ovládané ventily)

Hydraulické funkce nejsou na modelu předvedeny jako ventily, ale pouze jako signály reprezentované rozsvícenou či zhasnutou LED diodou. Přitom při rozsvícené LED diodě je daný simulovaný ventil otevřen pro průtok hydraulického oleje (krom funkce překážka, tam je logika inverzní). Ventily jsou čtyři a jedná se o: Ventil pro funkci překážka, ventil pro pravý a levý znaménák a ventil pro preemergentní znaménák. Ke každé z diod je sériově přiřazen předřadný odpor pro snížení napětí na diodě. Odpor je o hodnotě 490 Ohm a jeho výpočet je ve vztahu 2. Pro lepší pochopení jsou diody vloženy do obrázku hydraulického schématu (Obr. 34).

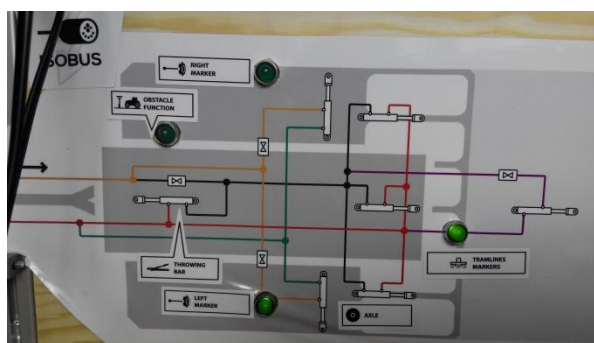
$$R = \frac{U_z - U_d}{I_d} = \frac{12 - 2,2}{0,02} = 490 \text{ Ohm} \quad (2)$$

Kde:

U_z – Napětí na zdroji [V]

U_d – Úbytek napětí na diodě [V]

I_d – Proud protékající diodou [A]



Obr. 35. Hydraulický blok na tabuli

Generátor obdélníkových pulzů – simulace signálu z ventilátoru a radaru

Generátor obdélníkových pulzů je použit pro simulaci dvou signálů, které by se jinak nedaly fyzicky vytvořit, jedná se o signál z radarového snímače tedy o hodnotu rychlosti pohybu stroje vůči zemi a o signál otáčení ventilátoru. Byl použit generátor RIGOL LG 1022A (Obr. 36) a následně byl navrhnut i generátor vlastní pro integraci do tabule.



Obr. 36. Generátor RIGOL LG 1022A – generuje signál o frekvenci 40 Hz tedy o hodnotě $1.1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Návrh generátoru pulzů:

Radar koresponduje s normou ISO 11786 a je tedy nastaven tak, že v ideálním případě na 1 ujetý metr generuje 130 impulzů. Při rychlosti $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ tedy generuje signál o frekvenci 130 Hz.

$$f = v * imp \quad (3)$$

Maximální rychlost, kterou je nutné simulovat (je jí tedy možné teoreticky s traktorem jet na poli) je určena na $25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ tedy na $6,94 \text{ m/s}$.

$$f_{max} = 6,94 * 130 \quad (4)$$

Při takové rychlosti je maximální frekvence dle vzorce (4) rovna $f_{max}=902 \text{ Hz}$.

Signál ventilátoru je tvořen pomocí indukčního senzoru, na kterém se při dynamickém přiblížení vodivého materiálu indukuje napětí. V našem případě se na rotační části ventilátoru otáčí dvě hlavy matek a těsně mívají indukční senzor, čímž je generován cca obdélníkový signál o frekvenci podle vzorce (5) s tím, že počet impulzů na jednu otáčku ventilátoru je 2.

$$f = \text{RPM} * imp / 60 \quad (5)$$

Pokud je ventilátor fyzicky schopen vykonat cca 4000 RPM, maximální frekvence je pak dle vzorce (6) rovna $f_{max}=133 \text{ Hz}$.

$$f_{max} = 4000 * 2 / 60 \quad (6)$$

Signál z generátoru by tedy měl být plynule měnitelný v rozsahu od 0 Hz po cca 900 Hz, pro takové využití se dá vhodně použít obvod s časovačem NE555 v zapojení jako astabilní klopný obvod.

Výpočet velikostí obvodových komponent u zapojení s časovacím obvodem NE555

Pro astabilní zapojení klopného obvodu časovače NE555 je nutné podle vzorce pro výpočet frekvence (7) a podle vzorců pro výpočet šířky jednotlivých stavů (8,9) T_m a T_s (viz Obr. 37) vypočítat vhodné parametry obvodových komponent R_1 , R_2 a C_1 .

$$f = \frac{1,44}{(R1+2*R2)*C1} \quad (7)$$

$$Tm = 0,7*(R1+R2)*C1 \quad (8)$$

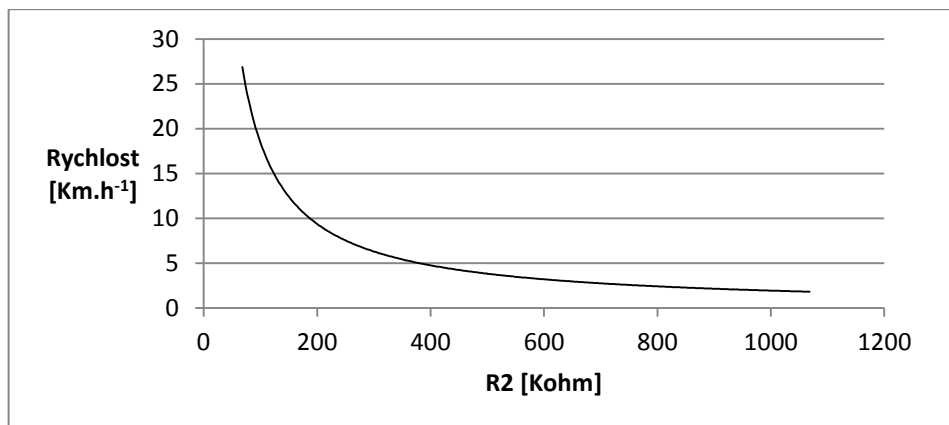
$$Ts = 0,7*R2*C1 \quad (9)$$



Obr. 37. Výstup generátoru s popisem.

Poměr mezi T_m a T_s (Obr. 37) může být dle ISO 11786 maximálně 80:20, což není ve vypočteném rozsahu problém plnit (dle vzorců (8) a (9) platí, že i pokud je $R_1 = R_2$ bude poměr $T_m:T_s$ roven 2:1, avšak čím větší je R_2 než R_1 tím více se blíží poměr $T_m:T_s$ vhodnému poměru 1:1. V ideálním případě by tedy mělo platit, že $R_2 \gg R_1$).

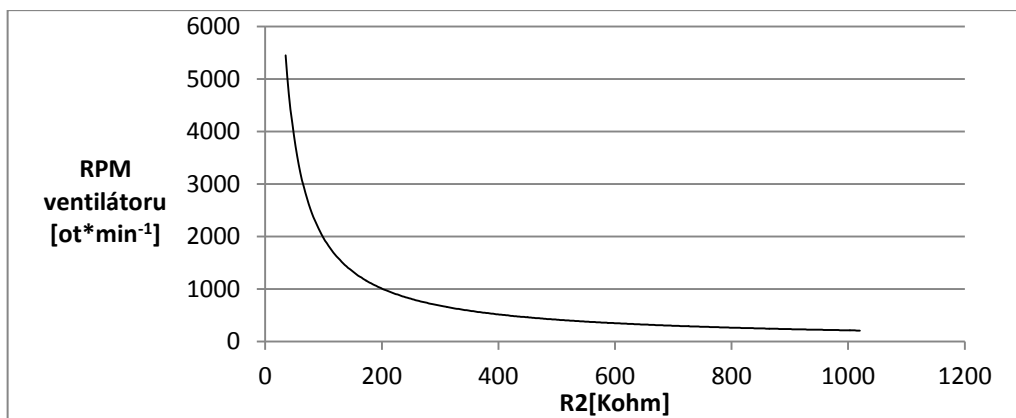
Vypočtené hodnoty součástek pro simulátor rychlosti jsou $C_1 = 10 \text{ nF}$, $R_1 = 10 \text{ KOhm}$, $R_2 = 56 \text{ KOhm}$ + potenciometr v rozsahu 0 – 1 MOhm. Výsledné hodnoty závislosti rychlosti na hodnotě odporu R_2 (nastavené na potenciometru) jsou vidět na Obr. 38. Závislost není lineární, ale vzhledem k tomu, že je hodnotu možné nastavovat se zpětnou vazbou (odečíst rychlost z displeje terminálu) neměla by nelineárnost činit potíže. Pro výpočet byla použita metodika uvedena v (Pandatron, 2008).



Obr. 38. Graf závislosti simulované rychlosti na odporu R_2 .

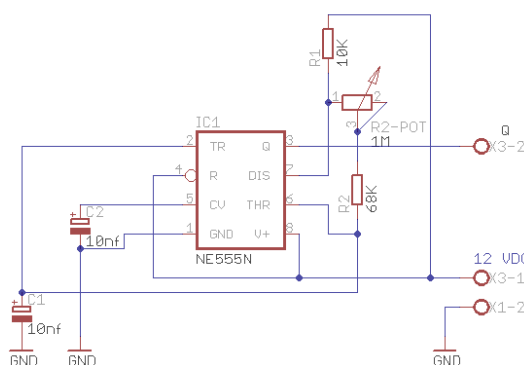
Generátor pulzů simulující otáčky ventilátoru

U simulace otáček ventilátoru musí dojít k mírné úpravě parametrů obvodových součástek, aby lépe vyhovovali rozsahu potřebné frekvence. Po přepočtu jsou velikosti obvodových součástek následující: $C_1 = 100\text{nF}$, $R_1 = 10 \text{ KOhm}$, $R_2 = 20 \text{ KOhm} + 1 \text{ MOhm}$ potenciometr. Výslednou závislost RPM ventilátoru na odporu R_2 je možné vidět na Obr. 39.



Obr. 39. Graf závislosti simulovaných otáček ventilátoru na odporu R2.

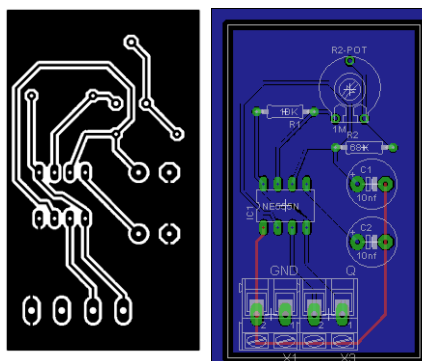
Schématické zapojení součástek generátoru bylo vytvářeno v programu Eagle. Výstup z programu je možné vidět na Obr. 40, v případě na obrázku jsou velikosti obvodových součástí dimenzovány pro simulátor rychlosti pojezdu.



Obr. 40. Schématické zapojení generátoru obdélníkových pulzů (pro simulaci rychlosti pojezdu).

Ke kompletnímu doplnění informací o zapojení stačí vysvětlit funkci kondenzátoru C2, který zvyšuje šumovou imunitu napájecího napětí a nejčastěji se jeho hodnota volí 10 nF. (Amatérské rádio, 1994)

Univerzální deska plošného spoje Vytvořená v programu Eagle.



Obr. 41. Deska plošného spoje Generátoru obdelníkových pulzů (vlevo plošný spoj přti tisk, vpravo pohled v programu Eagle).

Uspořádání komponent

Uspořádání komponent školící a prezentační tabule je možné vidět na Obr. 42, kde je vidět celá tabule se všemi komponenty, polepy a zapojeným terminálem CCI 200.



Obr. 42 Dokončená modelová školící a prezentační tabule pro Secí stroj Omega OO firmy Bednar FMT s ISOBUS sběrnici
Zavřenou tabuli určenou pro transport je možné vidět v příloze 1.

6.3 Terminály

Součástí testovacího a školicího centra musí být samozřejmě i Virtuální terminály (VT) podporující normu ISOBUS. Nejvhodnějším terminálem, z hlediska nutnosti otestovat jeho funkcionalitu s modelem sečího stroje je terminál CCI 200 od asociace CCI ISOBUS, jejímž členem je i Bednar FMT a terminál FO130 (Field-Operator 130) od společnosti WTK, který je alternativně v praxi používaný terminál.

Většina moderních terminálů je postavena na operačním systému, ať už to je Windows CE jako v případě terminálů od asociace CCI nebo na jiném. Tento koncept následně umožňuje používat aplikace, obdobně jako např. na „chytrých telefonech“, aplikace pak standardně zajišťují další normou stanovené funkce jako např. TC, File Server, sekundární TECU nebo jiné pomocné aplikace pro obsluhu jako jsou navigace, podpora kamerového systému či internetový prohlížeč apod.

6.3.1 CCI 200

CCI 200 je terminál od asociace CCI v hardwarovém provedení 2.1 (Obr. 43). Výrobcem tohoto terminálu je společnost Anedo a prozatím jich bylo vyrobeno cca 17 500 ks. Jde tedy o hojně používaný ISOBUSový terminál. Terminál má AEF ISOBUS prohlášení o shodě jako UT (Universal Terminal).

Parametry:

- 8,4“ barevný displej,
- 12 funkčních tlačítek,
- otočný ovladač,
- zadní Shift tlačítko – pro změny strany softkey masky,
- automatické ztmavování displeje v závislosti na světlosti prostředí.



Obr. 43. Terminál CCI 200. (CCI ISOBUS, 2014)

Pro připojení terminálu k IN-Cab konektoru slouží kabel typu A od firmy Petrs Indu. Pro propojení s GPS a signální zásuvkou se používá kabel typu G od firmy Petrs Indu.

6.3.2 Field Operator 130 Wireless (FO 130)

FO 130 (Obr. 44) je malý jednoúčelový terminál v testovaném provedení používaný pro ovládání secího stroje Omega OO. Terminál sice dokáže zobrazit jakýkoliv IOP, je tedy v podstatě ISOBUS kompatibilní, ale vzhledem k malému obsazení softkeji (pouze 4) by bylo jeho použití s jiným příslušenstvím jen velmi obtížné. Nedostatek softkejí nahrazuje 20 tlačítky s pevně stanovenou funkcí. Vede z něj přímo konektor na dostatečně dlouhém kabelu pro připojení do IN-Cab konektoru.



Obr. 44. FO 130 (WTK, 2015)

6.3.3 Field Operator 450 (FO 450)

FO 450 (Obr. 45) je hardwarově totožný model s Moeler Touch, software je pak od dodávající firmy WTK. Terminál je plně ISOBUS kompatibilní, ale bez fyzických softkey. Na rozdíl od předchozích terminálů má D-Sub konektor, a proto vyžaduje mezi IN-Cab konektorem a terminálem převodní kabel.



Obr. 45. FO 450

6.4 Box nahrazující ISOBUS zapojení traktoru

Z důvodu napájení systému, snadného připojování ECU a VT a testování komunikace na sběrnici, je nutné vytvořit box (zapojení), které bude obdobné jako je zapojení sběrnice v traktoru.

6.4.1 Požadavky

Box musí umožňovat připojení jakéhokoliv normou podporovaného terminálu a jakéhokoliv stroje podporujícího normu ISO 11783. Z toho důvodu je vhodné, aby na boxu byly následující konektory: In-cab, ISOBUS breakaway konektor, D-sub konektor – pro připojení testovacího zařízení a vstup napájení pro napájení celého systému. Diagnostický konektor není třeba, protože v případě, kdy zde není interní síť traktoru, ho je možné snadno nahradit D-sub konektorem.

V rámci boxu je nutné vyřešit i napájení celého systému a to tak, aby napájení nebylo zbytečně předimenzováno, ale ani poddimenzováno. Maximální proudové možnosti jsou podle normy 60 A. (ISO11783-2, 2012) Vzhledem k tomu, že je takový odběr nereálný, si testovací centrum vystačí i se zdrojem do 20 A při 12 V, v rámci tohoto napájení je nutné vyrobit i kabel, který by přiváděl elektrický proud ze zdroje do boxu.

Box bude možné využívat např. i pro napájení samotného terminálu (pro účely prezentace, testování s PC či programování řídicí jednotky). Z tohoto důvodu je účelné, aby zde kromě „silného“ 20A napájení. Byla i možnost připojení slabšího a tedy i levnějšího zdroje, proto jsou na boxu umístěny dva napájecí konektory (20A a 5A).

Do boxu není nutné interně zahrnout TBC, je ho ale proto vždy nutné externě dodat na výstup sběrnice z daného terminálu a tím zamezit dalším odrazům signálu na sběrnici.

6.4.2 Návrh

Pro vytvoření boxu je důležitá znalost ISOBUS normy část druhá (viz kapitola 3.2), zejména pak části o konektorech, topologii sítě a jejích zakončeních (terminátorech). Box byl navrhnut tak, aby nebyl zbytečně velký, ale přitom aby byl dostatečně robustní. Návrh obsahuje schéma zapojení boxu, jednoduchý popis komponent, podkapitolu o napájení systému a o externím TBC.

Komponenty Boxu

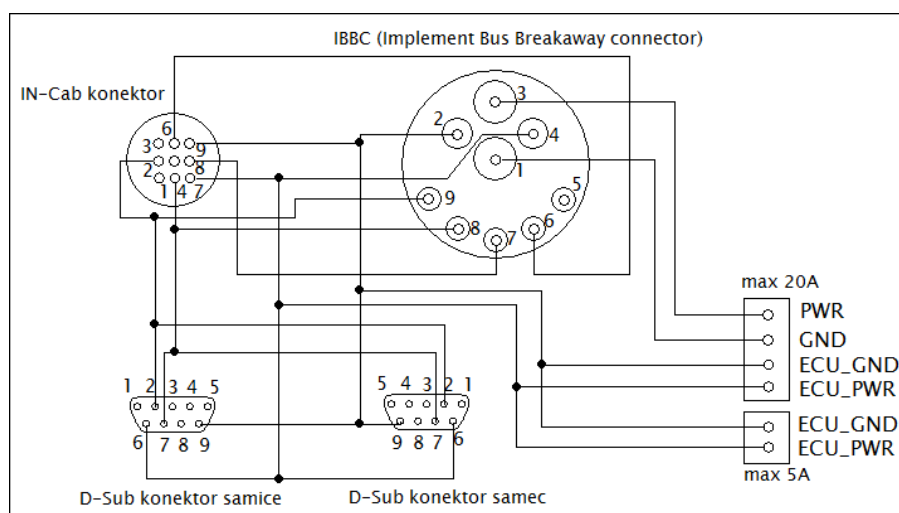
Jednotlivé komponenty nutné na stavbu boxu jsou v Tab. 11. Jedná se zejména o konektory a jejich piny.

Tab. 11. Komponenty Boxu.

Ks	Označení	Popis
1	TE CONNECTIVITY 182922-1	IN-Cab konektor
9	TE CONNECTIVITY 163086-2	Piny do IN-CAB konektoru
1	COMBIPLAST CP-11-1	Krabička
6	WAGO 222-415	Svorkovnice
1	AMPHENOL L717SDE09P	D-Sub konektor zástrčka
1	AMPHENOL L77SDE09S	D-Sub konektor zásuvka
1	CLIFF FCR2068	Napájecí konektor 20A zásuvka
1	CLIFF FCR2066 CL2066 (4PC/P/LV)	Napájecí konektor 20A zástrčka
1	CLIFF FC681461	Napájecí konektor 5A zásuvka
1	Deutch HD 34-24-91 PE	Konektor s přírubou (IBBC)
2	Deutch 0460-204-08141	Kolík sypaný #8; 5-8 mm ² [AWG 8-10]; niklovaný
2	Deutch 0460-204-12141	Kolík sypaný #12; 2÷3 mm ² ; niklovaný
5	Deutch 0460-202-16141	Kolík sypaný #16; 0,5÷1,5 mm ² ; niklovaný
1	Deutch 112263-90	Matice na konektor s přírubou
1	Deutch112264	Podložka pod matici

Schéma zapojení Boxu

Schéma zapojení jednotlivých konektorů a jejich pinů je na Obr. 46. Na schématu je 6 různých konektorů, které jsou mezi sebou spojeny pomocí elektrických vodičů pře svorkovnice uvnitř boxu. Box v sobě nezahrnuje TBC, s tím je proto nutné počítat a mít TBC externí.



Obr. 46. Schéma zapojení boxu.

Finální fyzické provedení boxu je obr. 47.



Obr. 47. Reálné provedení boxu.

Napájení

Pro napájení systému musí být dostatečně silný zdroj, podle jednotlivých proudových odběrů a jejich jednotlivých maximálních kombinací byl empiricky určen maximální proudový odběr. Z kterého po přičtení rezervy vychází, že by měl dostačovat zdroj s výstupním proudem 0 - 20A. Výstupní napětí je určeno a jedná se o 12V stejnosměrně (vychází z autobaterie).

Vybraným zdrojem je Laboratorní zdroj MANSION HCS-3200-000G viz Obr. 48.



Obr. 48. Laboratorní zdroj Manson HCS-3200-000G. (GME, 2014)

Pro napájení Boxu byla dále vyrobena kabeláž (Obr. 49) s 20 A stejnosměrným konektorem a čtyřmi oky na straně zdroje (signály GND,GND_ECU,PWR, PWR_ECU), GND a PWR je každý veden po dvou vodičích napájecího kabelu (z důvodu nižšího průtoku proudu po jednotlivých vodičích).



Obr. 49. Kabeláž pro napájení Boxu.

Externí TBC

Použitý TBC je vidět na Obr. 50 (oranžový). Chybou, která může vzniknout bez připojeného TBC, je i nemožnost komunikace po sběrnici – ECU nekomunikuje s terminálem.



Obr. 50. TBC na terminálu CCI 200.

6.5 Softwarové vybavení školícího centra

Pro možnosti ozkoušení veškerého vybavení je potřebné, aby ve školícím a testovacím centru byly všechny potřebné softwarové komponenty, jedná se o:

- program FMIS,
- program na simulaci GPS souřadnic přes COM port PC,
- program na vzdálené ovládání a prezentování obrazovky terminálu.

6.5.1 Program FMIS

Program FMIS (Farm management information systém) je nutný na vytváření jednotlivých „tasků“ pro TC a konkrétně pak např. vytváření aplikačních map pro setí – Následně je podle GPS simulátoru a nahraného softwaru třeba otestovat funkcionalitu secího stroje při této funkci.

APEX

Testovaným softwarem byl software Apex od společnosti John Deere, i přesto, že John Deere udává plnou kompatibilitu s normou ISOBUS, není možné v jeho softwaru vygenerovat task (tedy i aplikační mapu) pro jiný terminál než jsou podporované (a to jsou pouze terminály Green Star od John Deere).

Pozn. Tato informace byla potvrzena jak dealery z firmy Strom tak je uvedena v manuálu k softwaru Apex.



Obr. 51. Logo programu Apex od firmy John Deere.

Je to velká škoda, protože software je jinak velmi povedený. Pro využití v centru je však bohužel software zcela nepoužitelný (smysluplný by byl pouze s GS terminálem).

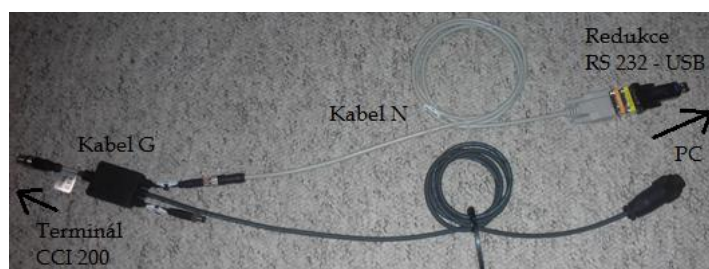
Pro testování nakonec nebyl nalezen žádný vhodný program, zejména kvůli nutnosti pořídit licencovanou verzi a tak bylo od asociace CCI propůjčeno několik testovacích tasků.

6.5.2 Program na simulaci GPS souřadnic přes COM port PC

Program na simulaci GPS souřadnic je zcela nezbytnou součástí centra, s jeho pomocí bude možné simulovat pohyb stroje po poli a tak testovat reakce systému na aplikační mapy, nebo pouze pracovat s převzatou rychlostí. Simulátor musí umožňovat simulovat GPS podle protokolu NMEA.

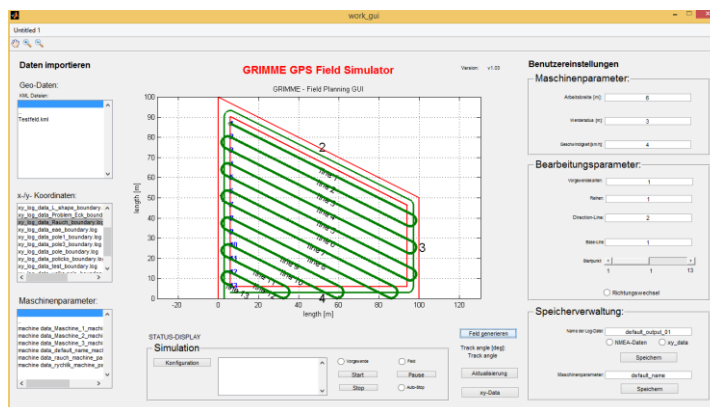
Hardwarové propojení PC a terminálu

Pro propojení terminálu CCI 200 s PC jsou nutné tři součásti, jedná se o kabel G nebo F od firmy Petrs Indu, kde jedna strana kabelu se vkládá do terminálu CCI 200 a na druhé je sériové rozhraní RS232. Další nutnou součástí je kabel na propojení „kulatého“ RS232 konektoru s D-Sub konektorem (jedná se o kabel N od Petrs Indu), který je buď přímo na PC, nebo je (jako v tomto případě) pomocí redukce (třetí složka tohoto zapojení) převeden signál z USB konektoru do konektoru RS232. Celé propojení Terminálu s PC je možné vidět na Obr. 52.



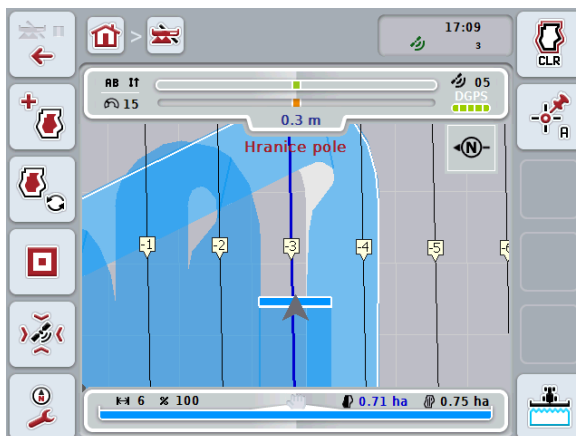
Obr. 52. Propojení Terminálu CCI 200 s PC při simulaci GPS.

Jako program pro simulaci GPS byl zvolen program volně nabízený v rámci organizace CCI, jedná se o program Grimme GPS Field Simulator. V programu se dá přednastavit jízda po poli, se všemi potřebnými parametry (rychlost, směry jízdy, souvratě atd.). Ukázka z programu na Obr. 53. (kde zelená křivka představuje trajektorii jízdy stroje).



Obr. 53. Grimme GPS Field Simulator.

Následně je pak v aplikaci Command na terminálu CCI 200 možné vidět nasimulovanou jízdu secího stroje jak je tomu na Obr. 54.



Obr. 54. Aplikace Command s nasimulovanou jízdou na Terminálu CCI 200.

6.5.3 Program na vzdálené ovládání a prezentování obrazovky terminálu

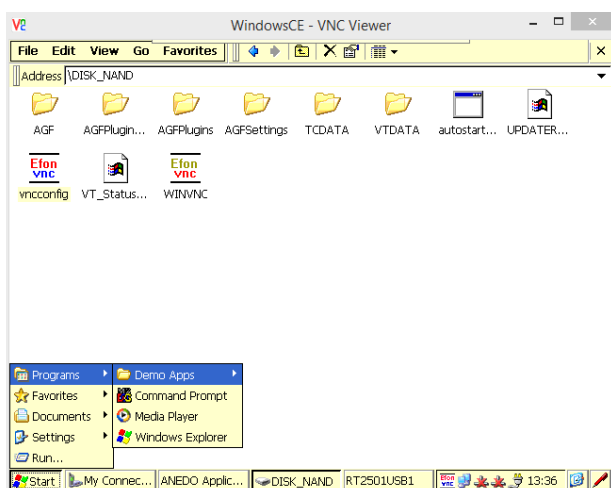
Tento program je zejména vhodný pokud chceme ukázat práci s terminálem větší skupině osob, která by se k malému terminálu jinak nevešla. Pokud jsme z PC vzdáleně připojeni na terminál, není již žádný problém obraz z terminálu dále zpracovávat např. promítat na projektoru, streamovat jej po internetu apod.

Pro použití se nabízí několik volně použitelných (nekomerčně) programů. Jedná se např. o VNC a Teamviewer. Testovaná byla varianta prvně jmenovaného a největším problémem samozřejmě bylo, zda aplikace VNC půjde spustit na Windows CE, které jsou instalovány v terminálu CCI 200. Tento problém naštěstí řeší open source aplikace se jménem EfonVNC, která podporuje Windows CE (a to ve verzích .net, 5.0 a 6.0). (Dot.ter, 2012)

Postup prvního navázání komunikace mezi terminálem a PC přes VNC

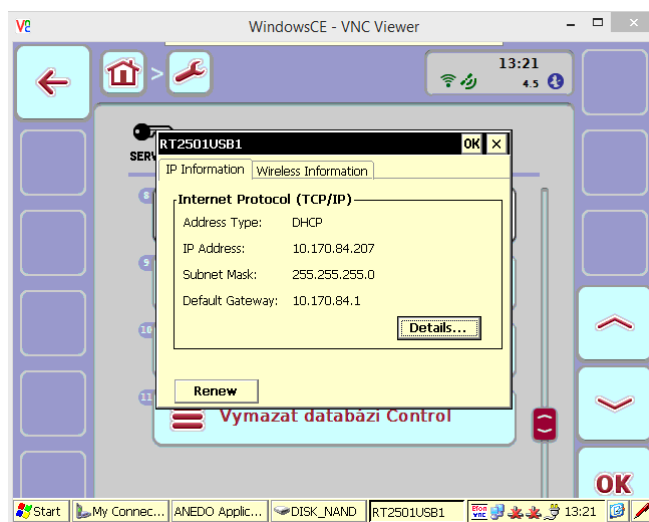
- V PC musí být nainstalovaná aplikace VNC (nebo alespoň VNC Viewer – testovaná verze 5.0.5) pro daný operační systém
- V terminálu CCI200 se do složky My Device/DISK_NAND (přístup přes servisní menu) jen nutné zkopírovat soubory aplikace EfonVNC - vnconfig.exe a winvnc.exe, které jsou volně stažitelné např. zde http://sourceforge.net/projects/efonvnc/files/efonvnc/efonvnc_v4.3/)
- V terminálu otevřeme soubor vnconfig a zvolíme volbu „No authentication“ – čímž vypneme ověřování na PC, které obvykle provází problémy
- Dále zkontrolujeme, zda je PC i terminál na stejné síti (případně přenastavíme, aby byli)
- Na terminálu spustíme aplikaci Winvnc.exe (její spuštění je možné ověřit ve skrytých ikonách, přítomností loga EfonVNC)

- Na PC spustíme aplikaci VNC a zadáme zde IP adresu terminálu



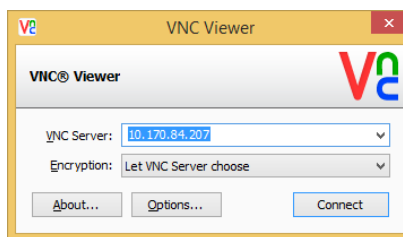
Obr. 55. Screenshot aplikace VNC Viewer zobrazující prostředí Windows CE na Terminálu CCI 200.

Jak je vidět na Obr. 55 struktura Windows CE je obdobná starším verzím operačního systému Windows na PC. Na obrázku je vidět adresář Disk_NAND a v něm přepokopírovanou aplikaci Efon VNC. Jak je možné vidět ve spodní liště na Obr. 56, aplikace Efon VNC je zapnuta a vedle ní je zobrazeno i připojení k internetu, které probíhá pomocí Wifi.



Obr. 56. Screenshot aplikace VNC Viewer zobrazující nastavení sítě na terminálu CCI 200.

Na Obr. 56 je pak možné vidět síťové vlastnosti wifi adapteru terminálu a je tak možné překontrolovat zda je PC i terminál připojen na stejné síti, což je základní podmínkou funkcionality. IP Adresu z tohoto okna je následně nutné zadat na PC do konfiguračního okna VNC Vieweru viz Obr. 57.



Obr. 57. Konfigurační okno VNC Vieweru.

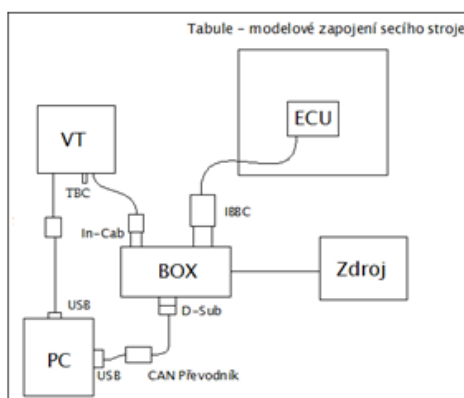
6.6 Testování

V případě diplomové práce je testováním myšleno, jak ověření jednotlivých funkcí laboratoře (ze zadání diplomové práce – ověření funkčnosti modelů), tak i testování v rámci běžného provozu školící a testovací laboratoře, jedná se v podstatě o totožné úkony testování.

V rámci testování je nejprve nutné určit, které jednotlivé prvky systému je možné testovat, především se jedná o test samotného modelu systému (v případě této práce – modelu secího stroje). Dále je pak možné testovat ISOBUS komunikaci na sběrnici, simulaci GPS a samozřejmě ISOBUS kompatibilitu řídicí jednotky či přídatných zařízení.

6.6.1 Testování funkčnosti modelového zapojení soupravy traktor a secí stroj

Při testování vlastní funkčnosti modelového zapojení, bylo nutné všechny vytvořené komponenty sestavit v jeden celek a vytvořit tak tedy školící a testovací laboratoř. Ústředním prvkem je modelové zapojení secího stroje, které je pomocí IBBC konektoru propojeno s boxem nahrazujícím kabeláž traktoru. Z něj je také celý systém napájen a je propojen s Terminálem a pomocí převodníku s PC, schéma celého systému je možno vidět na Obr. 58. PC je dále pro účely simulace GPS propojeno s VT pomocí kabelu typu G a N dle zapojení z kapitoly 6.5.2.



Obr. 58. Schéma testovaného systému.

Při testování vlastní funkčnosti systému modelu secího stroje Omega OO byly zkoušeny všechny jeho vlastnosti a zejména pak takové situace (kombinace vstupů), které při běžném provozu mohou vzniknout spíše nahodilou činností než plánovaně. V průběhu testování se podařilo objevit několik

chyb, které by bylo s připojeným strojem k traktoru obtížné odhalit. Po domluvě s vedoucím vývoje Bednar FMT Dr. Ing. Jiřím Vondříčkou Ph.D. je obsah této kapitoly možné považovat za interní „know how“ firmy a nebude zveřejněn.

6.6.2 Testování komunikace po sběrnici ISOBUS

Pro testování je nutné mít jak hardwarové tak softwarové vybavení, které takový test bude umožňovat. Za nejdůležitější část je možné považovat převodník mezi sběrnici CAN a sériovým rozhraním PC (ideálně pak USB). V našem případě se jedná o CANFOX (Obr. 59) od firmy Sontheim, který umožňuje zároveň s analýzou sběrnice CAN i analýzu sběrnice RS232.

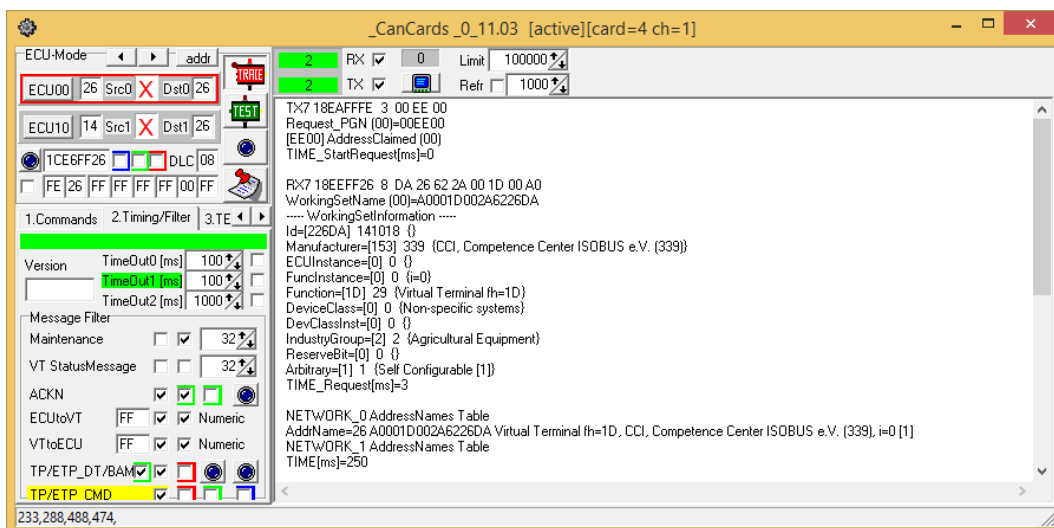


Obr. 59. Analyzátor sběrnice CANFOX od firmy Sontheim. (Sontheim, 2014)

Dále je pak nutné mít takový analyzátor kam připojit, z toho důvodu je nutné vytvořit zapojení obdobné tomu, které je vytvořeno v Boxu nahrazujícím ISOBUS zapojení traktoru viz kapitola 6.4. Podstatné pak je, aby zde byla přítomna samice D-Sub konektoru, na jejíž piny 2 a 7 jsou přivedeny signály CAN_L a CAN_H sběrnice ISOBUS.

Pokud máme předchozí dvě hardwarové komponenty, je dále nutné disponovat vhodným softwarem, který bude umět analyzovat sběrnici CAN, takových softwarů je mnoho, ale software, který má podporu i pro přímou analýzu signálů ze sběrnice ISOBUS je velmi málo. V tomto ohledu je velmi vhodným programem z hlediska testování software od společnosti DLG jménem PConvertor (Pool Convertor – Obr. 60). PConvertor umožňuje zachytávat zprávy, které se po sběrnici posílají a u většiny z nich dokáže rozpoznat jejich význam (je kompatibilní s normou ISOBUS), což je z hlediska testování a rozpoznávání případné chyby klíčové. PConvertor umožňuje několik modů činnosti, je to:

- Trace-Mode (zachytává veškeré zprávy na sběrnici),
- ECU-Mode (Mód pro připojení VT a jeho otestování),
- VT-Mode (Mód pro připojení ECU a její otestování).



Obr. 60. Program PConvert v ECU Módu.

Úvod komunikace ECU a VT po sběrnici

Níže je příklad části zachyceného úvodu komunikace po sběrnici s popisem a vysvětlením jednotlivých zpráv, komunikace probíhá mezi ECU a VT. TX - transceiver (vysílač) je v tomto případě ECU a RX – receiver (přijímač) je Virtuální terminál. Nastavení TX a RX je podle toho v jakém módu se PConvertor nachází. Na začátek je ještě vhodné připomenout (viz kapitola 3.3), že poslední 2 byty v hlavičce zprávy značí adresu odesílatele a předposlední dva adresu příjemce zprávy (tedy v případě níže má odesílatel adresu 80 a příjemce adresu 26), při odpovědi tomu bude přesně naopak. První dva byty ve zprávě samotné pak určují význam zprávy.

```
TX7 1CE72680 8 C7 FF FF FF FF FF FF FF
GetHardware (00)
TIME00 [ms]=0
```

První zpráva v zachycené komunikaci je zpráva od ECU s požadavkem o vlastnosti Hardwaru, který je ve VT. Výstup, který nám PConvertor připravil, tuto skutečnost jasně definuje ve svém druhém řádku „GetHardware (00)“, pokud bychom ale takto předpřipravený výstup neměli, museli bychom se podívat do části 6 normy ISOBUS v ní do přílohy A a tam v tabulce A.4 (výřez tabulky v Tab. 12) najít řádek D.8, kde je definováno, že zpráva začínající C7 v hexadecimální soustavě znamená výzvu k podání informací o hardwaru.

Tab. 12. Výřez tabulky A.4 z přílohy A, části 6, normy ISOBUS.

D.8	Get Hardware message	ECU to VT	199 ₁₀	C7 ₁₆	No
D.9	Get Hardware response	VT to ECU	199 ₁₀	C7 ₁₆	No

```
RX7 1CE68026 8 C7 FF 02 19 E0 01 E0 01
GetHardwareResponse (00)=not_available,2,1,0,0,1,1,0,0,0,480,480,
SupportedBootTime : not_available
SupportedGraphicMode : 2
HasTouchScreen : 1
```

```

HasPointingDevice      : 0
HasMultiple Frequency Audio : 0
HasAdjustable Volume Audio : 1
Physical Softkey Mode   : 1
Activation Button Mode  : 0
Report Drag Operation   : 0
Coordinates Drag Operation : 0
NrOfXPixelsInDataAreaMask : 480
NrOfYPixelsInDataAreaMask : 480
TIME00 [ms]=4

```

Následuje odpověď s daty, které jsou opět definované v normě v příloze D konkrétně v kapitole D.9.

Dále se ECU ptá na mnoho informací, jako je počet Softkey, druhy písma, verze atd.

```

TX7 1CE72680 8 C2 FF FF FF FF FF FF FF FF
GetNumberOfSoftKeys (00)
TIME00 [ms]=0

RX7 1CE68026 8 C2 FF FF FF 48 48 0C 0C
GetNumberOfSoftKeysResponse (00)=72,72,12,12,
XDotsForSoftKeyDescriptor      : 72
YDotsForSoftKeyDescriptor      : 72
NumberOfPossibleVirtualSoftKeys : 12
NumberOfPhysicalSoftKeys       : 12
TIME00 [ms]=6

TX7 1CE72680 8 C3 FF FF FF FF FF FF FF FF
GetTextFontData (00)
TIME00 [ms]=0

RX7 1CE68026 8 C3 FF FF FF FF 7F 7F 16

GetTextFontDataResponse (00)=1474431
SmallFontSize
FontSize_8x8      : 1
FontSize_8x12     : 1
...
TIME00 [ms]=7

TX7 1CE72680 8 DF FF FF FF FF FF FF FF FF
GetVersion (00)
TIME00 [ms]=0

RX7 1CE68026 8 E0 00 20 20 20 20 20 20
GetVersionResponse (00)
NumberOfVersionLabels=0
VersionLabels=
TIME00 [ms]=7

```

Další důležitou zprávou je následně zpráva ptající se na paměť. Zde se ECU ptá, zda při dané velikosti Objekt Poolu (zde 1299 bytů) nebude problém s jeho velikostí a zda tedy může data bez problému odeslat.

```

TX7 1CE72680 8 C0 FF 13 05 00 00 FF FF
GetMemory (00) MemoryByte=1299
TIME00 [ms]=0

```

Důležité je, že je zde oznamována verze normy ISOBUS, kterou daný VT podporuje a memory status – pokud je memory status 0 mohou být data odeslána.

```

RX7 1CE68026 8 C0 03 00 FF FF FF FF FF FF
GetMemoryResponse (00) =3,0
ISO_Version      : 3
MemoryStatus     : 0
TIME00 [ms]=8

```

Následuje pak odesílání datových paketů, prvně oznámení velikosti a množství paketů, následně pak jednotlivé postupně číslované pakety.

```

TX7 1CEC2680 8 10 13 05 BA FF 00 E7 00
[TP.CM_RTS_E700_00_0] Size=1299 Packets=186
ECUtoVT_PGN
TIME00 [ms]=0

RX7 1CEC8026 8 11 80 01 FF FF 00 E7 00
[TP.CM_CTS_E700_00_0] Packets=128 Next=1
ECUtoVT_PGN
TIME00 [ms]=4

```

Následují jednotlivé pakety ObjektPoolu a zpráva o konci odesílání a přijetí zprávy o konci odesílání s potvrzením úspěšnosti přijmutí a shrnutím. Následně pak zpráva o verzi a „vnitřním“ názvu IOP souboru.

```

TX7 18EB2680 8 01 11 00 00 00 01 01 E8
TX7 18EB2680 8 02 03 01 00 02 DF 07 00
TX7 18EB2680 8 03 00 00 00 65 6E 64 65
TX7 18EB2680 8 04 E8 03 01 01 F4 01 1C
...
TX7 18EB2680 8 B7 00 5A 1B 19 02 09 FF
TX7 18EB2680 8 B8 FF 00 5B 1B 19 02 07
TX7 18EB2680 8 B9 FF FF 00 5D 1B 19 02
TX7 18EB2680 8 BA 0A FF FF 00 FF FF FF
RX7 1CEC8026 8 13 13 05 BA FF 00 E7 00
[TP.CM_EOMA_E700_11_0] Size=1299 Packets=186
ECUtoVT_PGN
TIME00 [ms]=5

TX7 1CE72680 8 12 FF FF FF FF FF FF FF
EndOfObjectPool_1
TIME00 [ms]=4

```

```

RX7 1CE68026 8 12 00 FF FF FF FF 00 FF
EndOfObjectPoolResponse_1
StreamSize=1299
Actual Objects/Size=52/1298
GetMemorySize=1299
Error_ParentObjID=65535
Error_ObjID=65535
ObjectPoolErrorCode_hex=00
ErrorCode_hex=00
TIME00 [ms]=17

TX7 1CE72680 8 D0 33 45 52 53 49 4F 4E
StoreVersion (00) VersionLabel=3ERSION
FileName(VTData/*.iop)=
A00C80001F600064_33455253494F4E
TIME00 [ms]=0

```

Změna softkey masky

Simulovaná výzva ke změně softkey masky na softkey masku s ID 0.

```

TX7 1CE72680 8 AE 00 00 00 00 00 FF FF
ChangeSoftKeyMask (00)
MaskID=0 SoftKeyMaskID=0 Type=0

```

Reakce na výzvu s ErrorCodem 01 znamenající dle přílohy F.37 části 6 normy ISOBUS, chybnou ID softkey masky, což je logické protože ID 0 může mít pouze objekt Working set, softkey maska v žádném případě.

```

RX7 1CE68026 8 AE 00 00 00 00 01 FF FF
x_ChangeSoftKeyMaskResponse (00)
MaskID=0 SoftKeyMaskID=0
ErrorCode_hex[00E600AE]=01

```

Příklad zachycené zprávy s jednoduše dekódovatelným obrázkem

Ukázka poslání obrázku s jednoduše dekódovatelnou strukturou po sběrnici. Na začátku zprávy vysílač oznamuje, že posílá zprávu o 64 paketech, zpráva začíná zprávou s pořadovým číslem 33664 a zpráva je určena pro VT. Následně jednotlivé části zprávy začne vysílat, vždy je první hlavička paketu a následně 8 bytů dat (1. z nich je vždy pořadové číslo paketu). Pokud zprávu rozdělíme po půl bytu (vznikne nám tedy grafika s barevnou hloubkou 4 bit a rozlišením 14 x 40 pixelů. V postupně odchyťovaných zprávách je jednoduše rozpoznatelná struktura šipky viz Obr. 61 v datech vedle obrázku je tato stejná šipka zvýrazněna čarou – (obvykle není z obdobného kódu rozpoznat, co je na obrázku). Po odeslání 64 paketů přijme příjemce (VT) potvrzení a výzvu k pokračování odesláním dalšího řádku dat (řádek 33729). V tomto případě je ke kódování využita klasická bitmapa a reprezentace každého pixelu v ní je pomocí 4 bitů. Přehrání většinou mnoha obrázků je v tomto případě velmi zdlouhavé a počet dat je abnormální, navíc pokud by byla využita plná normou dovolená kvalita obrázku, tedy 255 barev, bylo by nutné použít dvakrát tolik zpráv.

```

RX7 18C826C8 8 16 40 80 83 00 00 E7 00
[ETP.CM_DPO_E700_11_0] Packets=64 Next=33664
ECUtoVT_PGN
TIME00 [ms]=54

```

```

RX7 18C726C8 8 01 88 00 01 11 11 10 00

```

```

RX7 18C726C8 8 02 88 00 01 11 11 11 00
...
RX7 18C726C8 8 0B 11 11 11 00 11 11 11
RX7 18C726C8 8 0C 11 11 11 00 11 11 11
RX7 18C726C8 8 0D 11 11 10 00 01 11 11
RX7 18C726C8 8 0E 11 11 10 00 01 11 11
RX7 18C726C8 8 0F 11 11 00 00 00 11 11
RX7 18C726C8 8 10 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 11 11 10 00 88 00 01 11
RX7 18C726C8 8 12 11 10 00 88 00 01 11
RX7 18C726C8 8 13 11 00 08 88 80 00 11
RX7 18C726C8 8 14 11 00 88 88 88 00 11
RX7 18C726C8 8 15 10 00 88 88 88 00 01
RX7 18C726C8 8 16 10 00 88 88 88 00 01
RX7 18C726C8 8 17 00 08 88 88 88 00 00
RX7 18C726C8 8 18 00 88 88 88 88 88 00
RX7 18C726C8 8 19 00 00 00 88 00 00 00
RX7 18C726C8 8 1A 00 00 00 88 00 00 00
RX7 18C726C8 8 1B 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 1C 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 1D 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 1E 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 1F 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 20 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 21 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 22 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 23 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 24 11 11 00 88 00 11 11
RX7 18C726C8 8 25 11 11 00 00 00 11 11
RX7 18C726C8 8 26 11 11 00 00 00 11 11
RX7 18C726C8 8 27 00 55 14 1A 00 1A 00
...
RX7 18C726C8 8 40 11 00 11 10 01 11 00
TX7 18C8C826 8 15 40 C1 83 00 00 E7 00
[ETP_CM_CTS_E700_11_0] Packets=64 Next=33729
ECUtoVT_PGN
TIME00 [ms]=5

```



Obr. 61. Zachycený obrázek šipky.

Příklad zpráv odesílaných ze simulovaného TECU

V PConvertoru je možné simulovat například i TECU a testovat tak reakci systému potažmo ECU v reakci na takovéto zprávy bez nutnosti jetí v reálném traktoru. Simulovat se dají všechny normou povolené zprávy. Následují příklady některých zachycených zpráv.

```

TX7 0CFE49F9 8 EB 1B E8 94 20 00 FF 01
[FE49] GroundBasedSpeedAndDistance (04)
Speed_Ground= 7.147 m/s 25.729 km/h
Distance_Ground= 2135.272 m
Direction_Ground= 1 [Forward]

```

```

[FE46] SecondaryOrFrontHitchStatus (04)
Position_Front= 3.2 %
InWork_Front= OUT-OF-WORK (0)
LowerLinkForce_Front= -100.0 %
Horizontal Force=-320000 N [-320.000kN]

```

```

TX7 0CFE45F9 8 5F 00 00 00 00 00 00 00
[FE45] PrimaryOrRearHitchStatus (04)
Position_Rear= 38.0 %
InWork_Rear= OUT-OF-WORK (0)
LowerLinkForce_Rear= -100.0 %
Horizontal Force=-320000 N [-320.000kN]

```

```

TX7 0CFE44F9 8 F0 00 00 00 54 00 00 00
[FE44] SecondaryOrFrontPTOOutShaft (04)
ShaftSpeedSetPoint=0.000 1/min
ShaftSpeed=30.000 1/min
PTOEngage=1 PTOMode=1 PTOEcoMode=1

```

```

TX7 0CFE43F9 8 D0 34 00 00 54 00 00 00
[FE43] PrimaryOrRearPTOOutShaft (04)
ShaftSpeedSetPoint=0.000 1/min
ShaftSpeed=1690.000 1/min
PTOEngage=1 PTOMode=1 PTOEcoMode=1

```

```

TX7 0CFE41F9 8 00 00 00 00 00 00 00 00
[FE41] LightingCommand (04)
-TECU_Class1-
LeftTurnLights [b2bit7_8]=0
RightTurnLights [b2bit5_6]=0
LeftStopLights [b3bit7_8]=0
RightStopLights [b3bit5_6]=0
TractorMarkerLights [b4bit7_8]=0

```

```

TX7 0CFE46F9 8 08 00 00 00 00 00 00 00

```

Aktivita na sběrnici ISOBUS

Pouze jednoduchým testem byla měřena aktivita na sběrnici ISOBUS v době, kdy neprobíhal žádný transfer Objekt Poolů (tam se dá aktivita očekávat největší). Měření probíhala za různých podmínek

vždy po dobu jedné minuty. Vyhodnocení proběhlo pomocí PConvertoru. Vypovídající hodnota provedených měření není vysoká a jedná se pouze o orientační hodnoty, které mají spíše než přesný počet zpráv odhalit přibližnou aktivitu na sběrnici v různých situacích.

Tab. 13. Seznam jednoduchých měření na sběrnici s programem PConvertor.

Měření	Podmínky	Počet druhů zpráv	Počet zpráv	Zpráv za sec.
1.	Pouze terminál CCI 200	15	2100	35
2.	CCI 200 a ECU	16	2500	42
3.	CCI 200, ECU + aktivita uživatele	16	3250	54
4.	CCI 200, ECU, GPS + aktivní SC	16	3800	63

První měření

Při měření na sběrnici s připojeným terminálem CCI 200 (jehož součástí je samozřejmě i TC a sekundární TECU) bez připojené ECU, proběhlo za jednu minutu a na sběrnici celkem 2100 zpráv tedy přibližně 35 za jednu sekundu. Jednotlivých druhů zpráv pak bylo 15 a z toho pouze dvě byly časově proměnné.

Druhé měření

Při obdobných podmínkách jako probíhalo první měření. Ale s připojenou ECU se počet zpráv na sběrnici zvýšil na 2500 za minutu tedy na cca 42 za sekundu a počet předávaných zpráv se zvýšil o jednu na 16.

Třetí měření

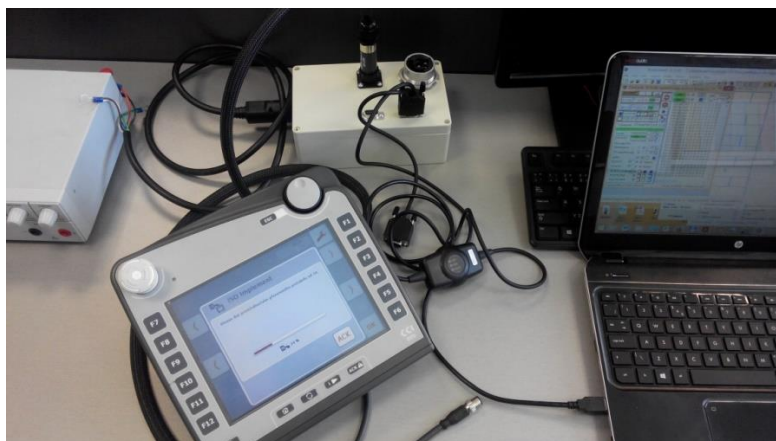
Při stejných podmínkách jako druhé měření, ale při „normálním“ používání terminálu se počet zpráv zvýšil na 3250, tento počet zpráv by se samozřejmě úměrně zvyšoval s aktivitou uživatele. Toto měření mělo za cíl ukázat, že aktivita uživatele má vliv na počet zpráv na sběrnici.

Čtvrté měření

Při stejných podmínkách jako druhé měření s připojenou GPS a aktivovanou aplikací pro sekční kontrolu stroje se počet pohybuje kolem 3800 za minutu tedy přibližně 63 za sekundu. Zvýšení stále není markantní a počet druhů zpráv je stále 16. Z toho lze usuzovat, že na sběrnici je velký počet fixních zpráv.

Simulace ECU

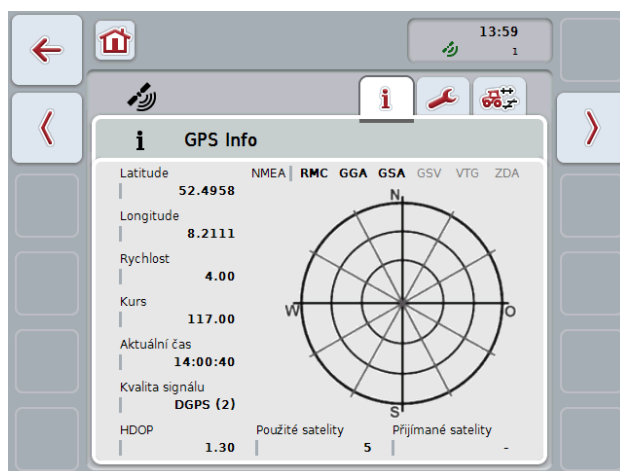
Další možné využití centra je pro testování IOP při simulaci ECU v programu PConvertor. Při simulaci je možné ladit IOP přímo na terminálu a jedná se tedy o velmi vhodný vývojářský postup, takové využití je možné vidět na Obr. 62. Zapojení je pouze přes Box, kdy z PC do něj vstupuje převodník, Box je napájen ze zdroje a propojen kabelem typu A s terminálem CCI 200.



Obr. 62. Simulace ECU na PC

6.6.3 Test GPS simulace

Při testování GPS simulace je nutné dodržet zapojení komponent z kapitoly 6.5.2, na PC otevřít program Grimme GPS Field Simulator, kde je nutné správně nakonfigurovat COM port PC. Po spuštění navigace v programu se v pravém horním rohu terminálu ukáže zelená ikonka navigace (možno vidět na Obr. 63). Rozšířené informace o připojené GPS je následně možné vidět v aplikaci GPS terminálu CCI 200 (Obr. 63). V případě reálného signálu z družic by byly jednotlivé družice zobrazeny na ústředním obrázku v aplikaci GPS.



Obr. 63. Informace o připojené GPS v terminálu CCI 200

6.6.4 Test ISOBUS kompatibility

Testování kompatibility ISOBUS je velice komplexní problematika a tento zjednodušený postup nemůže v žádném případě zaručit, že daná řídicí jednotka následně projde u „ostrých“ testů při zkoušce kompatibility ISOBUS v certifikovaných pracovištích. Zjednodušeně lze říci, že při testu kompatibility musí být splněny všechny parametry a podmínky, které jsou definovány celou normou a všechny tyto parametry tudíž musí být otestovány, pro jednoho člověka je to tedy úkol poměrně nesnadný, pokud ovšem nebude mít automatizovaný program, který za něj ozkouší vše sám.

Takovým programem je a ještě do nedávna byl takto používán i v certifikovaných zkušebních program PConvert a jeho automatizovaná macra. Nyní se pro testování používá program National Instruments TestStand s nástrojem AEF Conformance Tool (Obr. 64). Problematikou přechodu testování od PConventroru k NI a nadstavbou v podobě ISOBUS databází se zabývá (Bergeijk, 2011).



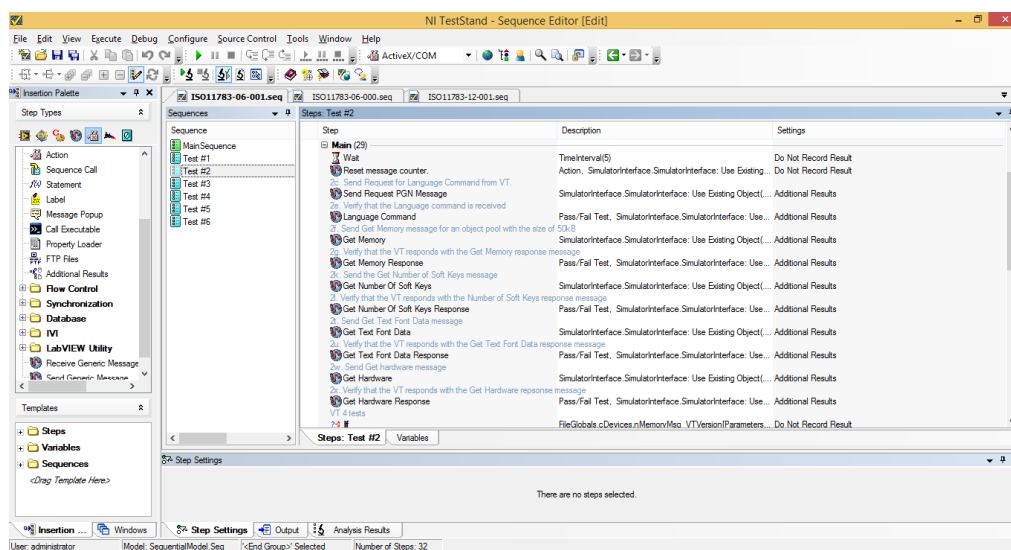
Obr. 64. Úvodní obrazovka AEF Conformance testu

Před obdržení certifikátu o shodě s normou ISOBUS budou také fyzicky měřeny veškeré elektrické parametry, které je na sběrnici možné proměřit, detailně jsou popsány v ISO 11783-2 kapitole 7 Conformance tests (str. 29 -33).

V souladu s ISO 11783-2 se proměřují a kontrolují tyto parametry: AC parametry na sběrnici, Elektrické parametry na vodičích, DC parametry na sběrnici, elektrostatická kompatibilita, TBC, Topologie, propojení ECU s TBC_PWR a TBC_RTN, napájení pro TBC-PWR a TBC_RTN atd.

V souladu s ISO 11783-3 se kontroluje zejména transportní protokol a NACK/ACK reakce.

Dále pak pomocí výše zmíněného programu proběhne automatické ozkoušení komunikace, zda ECU správně reaguje na všechny druhy zpráv, zda se všechny Objekty v Object poolu dobře zobrazují a zda systém umí komunikovat např. s přídatným ovládacím zařízením (AUX), nebo Task Controlerem (TC). Ukázkou jedné z testovacích sekvencí (konkrétně testování reakcí VT) v programu NI TestStand s nástrojem AEF Conformance tool je možné vidět na Obr. 65.



Obr. 65. Testovací Sekvence v programu NI TestStand.

7 Závěr

Diplomová práce je rozdělena na dvě části – rešeršní a praktickou. Rešeršní část pojednává o normě ISO 11783 neboli ISOBUS, rozebírá důvody jejího vzniku a uvádí nejdůležitější skutečnosti pro její pochopení a možnosti její aplikace. Pokouší se především uvést do problematiky zemědělské elektroniky a detailněji popisuje druhou a šestou část normy (fyzická vrstva a virtuální terminál). Praktická část se zabývá vytvořením školící a testovací laboratoře pro sběrnici ISOBUS, specifikuje, co vše by v takové laboratoři mělo být přítomno. Stěžení částí této laboratoře je Modelová školící a prezentační tabule, na které je princip strojů dle ISO 11783 uveden na příkladu secího stroje Omega OO od firmy Bednar FMT (pod jejíž záštitou byla práce zpracovávána). Tabule byla při diplomové práci kompletně navrhuta a sestavena, konkrétně byly zpracovány veškeré elektronické, mechanické i grafické prvky na tabuli. Úzce související součástí laboratoře je Box nahrazující zapojení v traktoru – ten je vybaven všemi potřebnými konektory pro propojení školící tabule s terminálem a umožňuje též napájení celého systému a připojení diagnostických zařízení při testování komunikace na sběrnici ISOBUS. Jako další součástí laboratoře byla zpracována simulace signálu GPS z PC a pro školící účely byla laboratoř vybavena vhodným softwarem pro promítání obrazovky terminálu na dataprojektoru. Jako ústřední terminál byl používán terminál CCI 200, ale v průběhu práce byly otestovány i terminály FO 130 a FO 450. V laboratoři v průběhu práce proběhlo několik testování, jejichž postupy je možné vidět v kapitole 6.7. Všechny komponenty laboratoře jsou plně funkční a byly otestovány v ostrém provozu při několika školeních secích strojů a normy ISOBUS firmy Bednar FMT (probíhajících v lednu až březnu roku 2015).

8 Citovaná literatura

AEF. 2014. Agricultural Industry Electronics Foundation. [Online] 2014. [Citace: 22. 1 2015.] <http://www.aef-online.org/en/home.html>.

Amatérské rádio. 1994. 555 - Univerzální IO. *Amaterské radio*. ročník XLIII, číslo 5, str. 163-200, 1994.

Auernhammer, H. 2004. 1993: Signal Connector ISO/DIS 11786 (Step 1: Basic signals from tractor). AgTecCollection: Institut für Landtechnik TUM / Zeichenbüro, TU München 2004, <http://mediatum.ub.tum.de/?id=710156>. [Online] 2004.

Bergeijk, J. 2011. The Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) ISOBUS Conformance Test. *ISBN 978-3-18-092124-2*. 2011.

CAN Dictionary. 2010. CAN Dictionary. [Online] 2010. [Citace: 2. 12 2014.] <http://www.canlab.cz/dictionary/Dictionary.htm>.

CCI ISOBUS. 2014. CCI 100/200 -- The ISOBUS-Terminal. *CCI ISOBUS*. [Online] 2014. [Citace: 2. 10 2014.] <http://www.cc-isobus.com/en/cci-200>.

Dot.ter. 2012. Windows CE - Remote Control (Efon VNC). *Dot.ter*. [Online] 16. 7 2012. [Citace: 9. 12 2014.] <https://dotter.wordpress.com/2012/07/16/windows-ce-remote-control-efon-vnc/>.

GME. 2014. Laboratorní zdroj MANSON HCS-3200-000G. *GM Electronic*. [Online] 2014. [Citace: 26. 10 2014.] <http://www.gme.cz/laboratorni-zdroj-manson-hcs-3200-000g-p722-416>.

Industrietechnik, item. 2015. Profil 6 30x30 leicht, natur. *item*. [Online] 2015. [Citace: 16. 2 2015.] <http://www.item24.de/produkte/produktkatalog/produktdetails/products/konstruktionsprofile-6/profil-6-30x30-leicht-natur-41906.html>.

ISO. 2014. www.ISOBUS.jp. *ISO 11783 standard - ISOBUS seminar*. [Online] 10. 4 2014. [Citace: 15. 8 2014.] http://www.ISOBUS.jp/sfp2011/14D_ISOBUS_seminar.pdf.

ISO11783-1. 2007. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 1: General standard for mobile data communication. 1, 2007.

ISO11783-10. 2009. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 10: Task controller and management information system data interchange. 1, 2009.

ISO11783-12. 2009. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 12: Diagnostics services . 1, 2009.

ISO11783-13. 2006. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 13: File server. Final Draft, 2006.

ISO11783-14. 2009. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 14: Sequence control. 2009.

ISO11783-2. 2012. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 2: Physical layer. 2, 2012.

ISO11783-3. 2007. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 3: Data link layer. 2, 2007.

ISO11783-4. 2001. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 4: Network layer. 1, 2001.

ISO11783-5. 2001. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 5: Network management. 1, 2001.

ISO11783-6. 2010. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 6: Virtual terminal. Final draft, 2010.

ISO11783-9. 2002. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 9: Tractor ECU. 1, 2002.

ISO11786. 1995. *ISO 11786 Agricultural tractors and machinery - Tractor mounted sensor interface - Specification.* London : ISO, 1995. ISBN 0 580 24989 1.

John Deere. 2014. [stellarsupport.deere.com. ISOBUS.](https://stellarsupport.deere.com/en_US/support/pdf/om/en/PFP13080_ISOBUS_UserGuide.pdf) [Online] 2014. [Citace: 15. 7 2014.]
https://stellarsupport.deere.com/en_US/support/pdf/om/en/PFP13080_ISOBUS_UserGuide.pdf.

Lapp Group. 2013. Unitronic BUS IS . - *Infomrace o výrobku.* místo neznámé : Lapp Group, 2013. PN 0486/01_03.10.

Pandatron. 2008. 555 a 556 - Základní zapojení. *Pandatron.* [Online] 2008.
http://pandatron.cz/?490&555_a_556_-_zakladni_zapojen. ISSN 1803-6007.

Peters, O. 2014. *Data communication interface for an agricultural utility vehicle. US 20140047152 A1* 13. 2 2014.

Polák, K. 2003. Sběrnice CAN. *Elektrorevue*. [Online] 16. 6 2003. [Citace: 18. 9 2014.] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03021/index.html>.

Powell. 2015. Powell agriculture. *Powell*. [Online] 2015. [Citace: 15. 2 2015.] <https://www.powell.com/content/Powell-Agriculture-3100042308>.

Sontheim. 2014. CANfox. *Sontheim Industrie Elektronik GmbH*. [Online] 2014. [Citace: 9. 12 2014.] <http://www.sontheim-industrie-elektronik.de/en/products/pc-and-can-interfaces/mobileinterfaces/canfox0.html>.

Vondříčka J., Mašek J. 2012. Možnosti využití systému ISO-Bus. *Mechanizace zemědělství*. roč. 62, č.11, s. 64-67, 2012.

WTK. 2015. ISOBUS-terminals, Job Controller, Electronic small-scale-controls for Precision farming. *WTK elektronik*. [Online] 2015. [Citace: 28. 3 2015.] <http://www.wtk-elektronik.de/index.php?id=4&L=5>.

Seznam použitých zkratk

AC – Střídavý proud

ACK – Acknowledgment, potvrzující zpráva

AUX – Přídavné ovládací zařízení

AEF – Agricultural Industry Electronics Foundation

CAN – Sběrnice dle ISO 11898

CCI - Competence Center ISOBUS

CF – Control Funkcion

COM – Port pro seriové rozhraní na PC

CRC – Kontrolní součet

DA – Destination Adress (adresa cíle zprávy)

DC – Stejnoseměrný proud

DLG – Německá elektrotechnická společnost

ECU – Řídicí jednotka

FMIS – Farm Management Information Systém

FTI – Forca Tarefa ISOBUS

GE – Group Extension

GND – Zem (vodič s nulovým potenciálem)

GPS – Global Position Systém (družicový systém globálního polohování)

GS – Green Star (terminál od John Deere)

IBBC – Implement Bus Breakaway Connector (konektor mezi traktorem a přívěsným zařízením)

IBRC – ISOBUS Box Rear Connector (konektor přivádějící proud z traktoru do IBBC)

ID – Identifikátor

IGI – Implementantation Group ISOBUS

IP - Internet Protokol

IOP – ISOBUS Object Pool

ISO – Mezinárodní standardizační organizace

J 1939 – Protokol/sběrnice používaná v nákladních automobilech

LED – Light Emiting Diode (světlo emitující dioda)

LIN – Local Interconnect Network (sběrnice pro ovládání MM)

MM – Motur Modul

NAITF – North American ISOBUS Implementation Task Force

NACK – Negativ Acknowledgment, zpráva o nepřijetí jiné zprávy

NMEA – National Marine Electronics Association

OSI – Referenční síťový model

PC – Osobní počítač

PDU – Protocol Data Unit

PF – PDU Formát bit number

PGN – Parametr Group Number

PS – PDU Specific bit number

PWM – Pulzně šířková modulace

PWR – Power (vodič sloužící jako zdroj energie)

RS 232 – Sériové rozhraní

RX – Přijímač

SAE – Society of Automotive Engineers

SA – Source Adress (Adresa zdroje zprávy)

SC – Section Control (řízení jednotlivých sekcí na stroji)

TBC – Terminátor (ukončující prvek sběrnice)

TC – Task Controller

TECU – Řídicí jednotka traktoru (rozhraní mezi sběrnici ISOBUS a sběrnici v traktoru)

TX - Vysílač

USB – Univerzální sériové rozhraní

UT – Universal Terminal

VNC – Virtual Network Computing

VT – Virtuální Terminál

WIFI – Označení pro standardy IEEE 802.11

XML – Extensible Markup Language (rozšířitelný značkovací jazyk)

Seznam obrázků

Obr. 1. Vlevo traktor vybavený sběrníci ISOBUS, vpravo bez ISOBUS výbavy. (John Deere, 2014).....	2
Obr. 2. Fyzické umístění senzorů na traktoru dle ISO 11786. (Auernhammer, 2004) - upraveno.....	3
Obr. 3. Napěťová diference v recesivním a dominantním stavu (1. Recesivní, 2. Dominantní). (ISO11783-2, 2012)	8
Obr. 4. Ukázka z osciloskopického měření úrovní High a Low (CAN Dictionary, 2010) - upraveno.....	8
Obr. 5. Kabel dle normy ISOBUS (ISO 11783-2) pro použití na zemědělských vozidlech. (Lapp Group, 2013)	9
Obr. 6. Topologie sběrnice ISOBUS. (ISO11783-2, 2012) - upraveno.....	9
Obr. 7. Odpojený a zapojený IN-CAB konektor (a – samec, b – samice). (ISO11783-2, 2012) - upraveno	10
Obr. 8. In-Cab konektor (samec) – popis pinů	10
Obr. 9. Bus extension connector	11
Obr. 10. Vlevo IBBC konektor (samec), vpravo IBRC konektor pro vedení silové části ze samice IBBC konektoru.	12
Obr. 11. Samice IBBC konektoru (vlevo zavřená venkovní část, vpravo konektory na stranu traktoru).	12
Obr. 12. Piny IBBC konektoru – samec. (ISO11783-2, 2012).....	12
Obr. 13. Diagnostický konektor (vlevo celkový pohled, vpravo pohled na piny samce). (ISO11783-2, 2012)	13
Obr. 14. Začátek datové zprávy podle specifikace 2.0B (rozšířený formát – 29 bit identifikátor). (Polák, 2003)	15
Obr. 15. Normou definovaný VT. (ISO11783-6, 2010)	18
Obr. 16. Výřez object poolu v programu ISO-Designer.....	20
Obr. 17. Řez profilem 6 30x30 L. (Industrietechnik, 2015)	26
Obr. 18. Schéma elektroniky secího stroje Omega OO.....	28
Obr. 19. Zjednodušené schéma hydraulického okruhu secího stroje Omega OO s řídicími ventily.....	28
Obr. 20. Schéma zapojení elektroniky traktoru s TECU.	29
Obr. 21. Schéma zapojení elektroniky traktoru bez TECU (s podporou ISO 11786).....	29
Obr. 22. Blokové schéma zapojení komponent.	30
Obr. 23. Otevřená ECU secího stroje.....	31
Obr. 24. Otevřený Motor modul secího stroje.....	31
Obr. 25. Pracovní senzor s grafikou na tabuli.	32
Obr. 26. Snímače hladiny osiva s grafikou na dokončené tabuli.....	32

Obr. 27. Radar umístěný na tabuli.	33
Obr. 28. LED diodový světlomet.....	33
Obr. 29. Kalibrační tlačítko.....	33
Obr. 30. Výsevní motor	34
Obr. 31. Připojovací svazek jednotky č. 2.....	34
Obr. 32. Klapka kolejových řádků (vpravo v aplikaci na tabuli s LED a grafikou).....	35
Obr. 33. Modul průtoku osiva.....	35
Obr. 34. Snímače průtoku osiva s rozdělovačem.....	35
Obr. 35. Hydraulický blok na tabuli.....	36
Obr. 36. Generátor RIGOL LG 1022A – generuje signál o frekvenci 40 Hz tedy o hodnotě $1.1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	37
Obr. 37. Výstup generátoru s popisem.	38
Obr. 38. Graf závislosti simulované rychlosti na odporu R2.	38
Obr. 39. Graf závislosti simulovaných otáček ventilátoru na odporu R2.....	39
Obr. 40. Schématické zapojení generátoru obdélníkových pulzů (pro simulaci rychlosti pojezdu).	39
Obr. 41. Deska plošného spoje Generátoru obdelníkových pulzů (vlevo plošný spoj přeo tisk, vpravo pohled v programu Eagle).	39
Obr. 42. Dokončená modelová školící a prezentační tabule pro Secí stroj Omega OO firmy Bednar FMT s ISOBUS sběrnici.....	40
Obr. 43. Terminál CCI 200. (CCI ISOBUS, 2014).....	41
Obr. 44. FO 130 (WTK, 2015)	42
Obr. 45. FO 450	42
Obr. 46. Schéma zapojení boxu.....	44
Obr. 47. Reálné provedení boxu.	45
Obr. 48. Laboratorní zdroj Manson HCS-3200-000G. (GME, 2014).....	45
Obr. 49. Kabeláž pro napájení Boxu.....	45
Obr. 50. TBC na terminálu CCI 200.....	46
Obr. 51. Logo programu Apex od firmy John Deere.	46
Obr. 52. Propojení Terminálu CCI 200 s PC při simulaci GPS.	47
Obr. 53. Grimme GPS Field Simulator.....	47
Obr. 54. Aplikace Command s nasimulovanou jízdou na Terminálu CCI 200.	48
Obr. 55. Screenshot aplikace VNC Viewer zobrazující prostředí Windows CE na Terminálu CCI 200. .	49
Obr. 56. Screenshot aplikace VNC Viewer zobrazující nastavení sítě na terminálu CCI 200.	49
Obr. 57. Konfigurační okno VNC Vieweru.....	50
Obr. 58. Schéma testovaného systému.	50
Obr. 59. Analyzátor sběrnice CANFOX od firmy Sontheim. (Sontheim, 2014).....	51

Obr. 60. Program PConvert v ECU Módu.	52
Obr. 61. Zachycený obrázek šipky.	55
Obr. 62. Simulace ECU na PC.	57
Obr. 63. Informace o připojené GPS v terminálu CCI 200.	57
Obr. 64. Úvodní obrazovka AEF Conformance testu.	58
Obr. 65. Testovací Sekvence v programu NI TestStand.	58

Seznam tabulek

Tab. 1. Piny u signální zásuvky	3
Tab. 2. Piny In-Cab konektoru	11
Tab. 3. Piny rozšiřovacího konektoru sběrnice	11
Tab. 4. Rozmístění pinů v samci IBBC konektoru	12
Tab. 5. Rozmístění pinů v samci Diagnostického konektoru.....	13
Tab. 6. Struktura zprávy v ISO 11783	15
Tab. 7. Části identifikátoru zprávy.....	16
Tab. 8. Verze VT.....	18
Tab. 9. Schématické značky použité na Obr. 18.....	27
Tab. 10. Komponenty použité pro vytvoření modelu secího stroje.....	30
Tab. 11. Komponenty Boxu.	44
Tab. 12. Výřez tabulky A.4 z přílohy A, části 6, normy ISOBUS.	52
Tab. 13. Seznam jednoduchých měření na sběrnici s programem PConvertor.....	56

Příloha 1: Fotografie

Fotografie modelové školící a prezentační tabule z průběhu konstrukce





Fotografie zavřené modelové školící a prezentační tabule





Příloha 2: Schéma elektrického zapojení školící a prezentační tabule

