



## Realizace řídicí elektroniky experimentálního elektromobilu

Bc. Michal Fiedler, Ing. Pavel Jandura Ph.D

### Abstrakt

Obsahem této práce je seznámení se s elektrickými komponentami uvnitř elektrického vozu a vhodný návrh řídicí jednotky pro jejich spravování. Na základě těchto poznatků, je jednotka vybavena potřebným počtem digitálních vstupů a výstupů a potřebným komunikačním rozhraním. Zvláštní důraz práce je pak kromě centrální řídicí jednotky kladen také na řídicí jednotku nabíjení. Ta musí být schopna detekovat připojení k nabíjecí stanici tak, jak je definováno normou IEC 62196 a následně uvědomit ostatní zařízení o připojení a podniknout kroky pro zahájení nabíjení.

### Abstract

The content of this work is to introduce with electrical components inside the electric car and design of a control unit for their administration. Based on these findings, it is equipped with the necessary number of digital inputs and outputs and with the necessary communication interfaces. Special emphasis of the work is in alongside the central control unit also placed on control unit charging. Unit must be able to detect the connection of the charging station, as defined in IEC 62196 and notify other devices about connection and take steps to start charging

### Úvod

Elektromobil se z hlediska řízení nijak neliší od běžného automobilu, každá komponenta má vlastní řídicí jednotku, která měří získaná data a dále se o ně dělí skrz komunikační rozhraní. V automobilovém průmyslu je tímto rozhraním sběrnice CAN, proto základním požadavkem na řídicí jednotku je komunikace skrze toto rozhraní. Centrální řídicí jednotka pak musí většinou zvládat komunikaci skrze dvojici nezávislých sběrnic z důvodů různých priorit zařízení. Například informace od motorové jednotky jsou důležitější, než ovládání autorádia. Dalším vybavením centrální jednotky je příslušný počet digitálních a analogových vstupů a výstupů.

Pro elektromobil je typické jeho dobíjení. K tomu, aby bylo možno po připojení k nabíjecí stanici započít s nabíjením, je nutno detekovat přítomnost nabíjecího kabelu. Tento úkon realizuje jednotka pro zprostředkování nabíjení. Její základní funkcí je detekovat signál vyslaný nabíječkou, který je pevně standardizován v normě IEC 62196. Po jeho čtení upozorňuje systém pro management baterie, který povolí, nebo zakáže nabíjení v závislosti na stavu baterie. Jednotka pro nabíjení pak může být vybavena kromě komunikačního rozhraní dalšími vstupními perifériemi souvisejících s obsluhou zařízení potřebných pro bezpečnost při nabíjení.

### Cíle

Cílem této práce je návrh a realizace dvojice jednotek pro experimentální elektromobil. Jednak centrální řídicí jednotky a jednak jednotky pro zprostředkování nabíjení.

### Realizace jednotky pro zprostředkování nabíjení

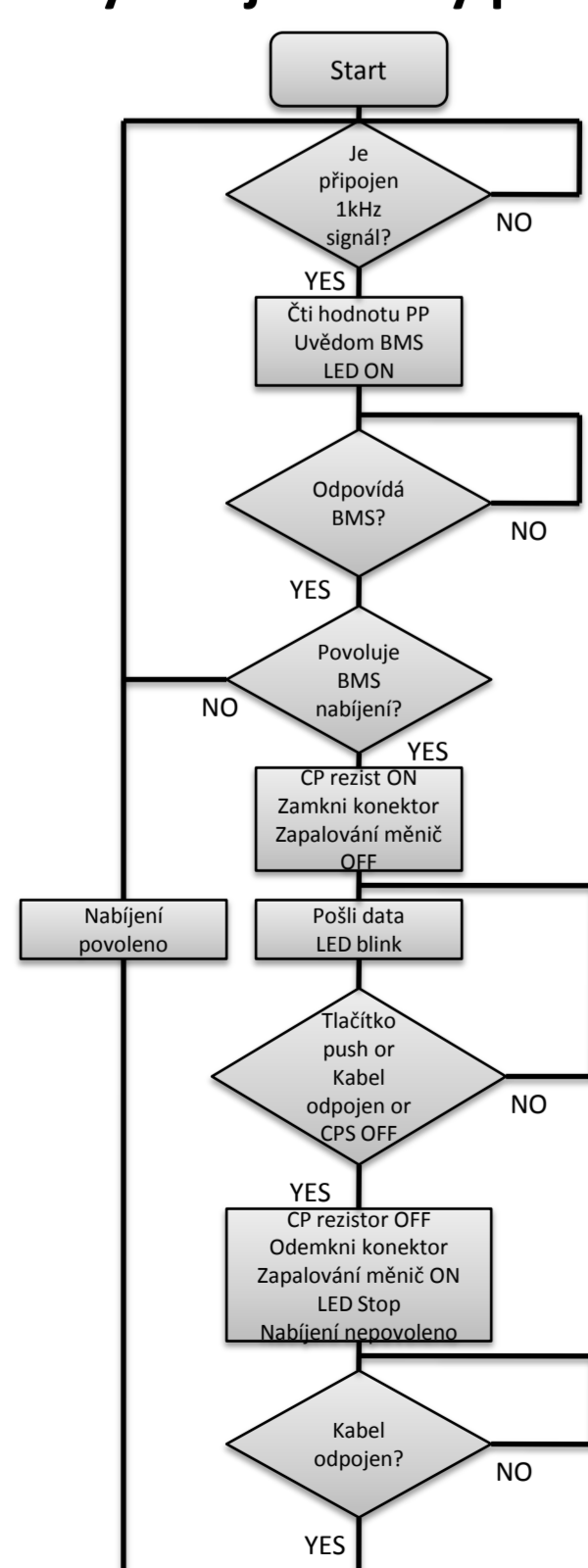
Základní vlastností jednotky pro zprostředkování nabíjení je detekce signálu vyslaného z nabíjecí stanice. Tento signál se podle normy IEC 62196 nazývá pilotním a nabývá standardních stavů a hodnot. Pilotní signál je obdélníkového tvaru s frekvencí 1 kHz a napěťová hladina závisí na stavu v jakém se nachází nabíjení. Zároveň má tento signál proměnou i střidu, která v sobě nese informaci o velikosti nabíjecího proudu.

Jako jádro jednotky je využito Arduino nano. Výhodou je schopnost přímého čtení frekvence. Nevýhodou je nutnost přizpůsobení pilotního signálu vstupům Arduino. Signál je nutno oříznout na maximální hodnotu 5 V. Dále je nutno jednotku vybavit dostatečným počtem digitálních vstupů a výstupů. Jednotka musí být schopná uzamknout konektor v automobilu, tak aby ho nebylo možné odpojit při nabíjení. Podobně musí být schopná blokovat zapalování a pohon kol tak, aby nebylo možné s vozem odjet během nabíjení. Poslední a velmi důležitou věcí je schopnost komunikovat s Battery management systémem a informovat ho o možnosti nabíjení. Komunikaci je možno realizovat dvěma způsoby, pomocí digitálních vstupů BMS označených CSS a CPS, nebo pomocí CAN sběrnice. Řešení pomocí CAN je mnohem praktičtější, protože je možné posílat do celého systému informace naměřené během nabíjení.

Stav	Napětí horní	Napětí spodní	frekvence	Odpor v pilotu	Popis
Stav A	+12 V	N/A	DC	N/A	Nepřipojeno
Stav B	+9 V	-12 V	1000 Hz	2,74 k	Připojeno (připraven)
Stav C	+6 V	-12 V	1000 Hz	882 k	Nabíjení
Stav D	+3 V	-12 V	1000 Hz	246 k	Chlazení
Stav E	0 V	0 V	N/A		Chyba

Tabulka 1. Stav pilotního signálu [3]

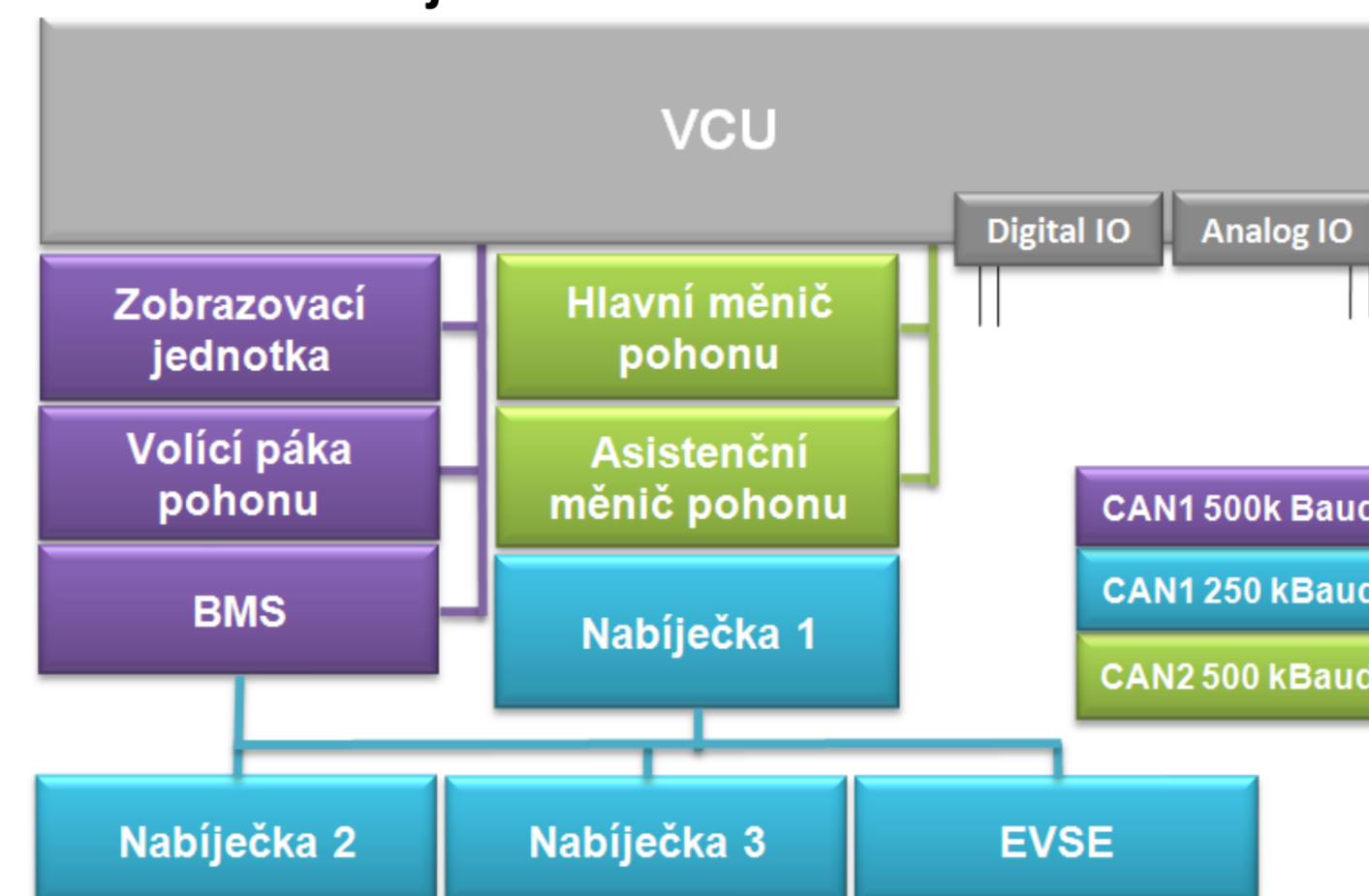
### Pracovní cyklus jednotky pro zprostředkování nabíjení



Obrázek 1. Vývojový diagram jednotky pro zprostředkování nabíjení

Pracovní cyklus jednotky začíná detekcí kabelu, to znamená, že jednotka detekuje na svém vstupu 1kHz signál. Pokud signál zaznamená, sestavuje datový rámec nesoucí informaci o připojení a posílá ho battery management systému. Battery management systém vyhodnocuje potřebu nabíjet, pokud nepovolí nabíjení vrací se cyklus na začátek a je možné kabel odpojit. Pokud nabíjení povolí připíná jednotka na pilotní signál potřebný odpor, aby snížila jeho napěťovou hladinu, čímž uvědomí nabíječku aby sepnula silový přívod. Zároveň se sepnutím silového vedení dochází k blokadě pohonu a k uzamknutí konektoru. Poté program spadá do podcyklu ve kterém probíhá nabíjení. Během cyklu jsou skrz CAN odesílány data o velikosti nabíjecího proudu, a teplotě v konektoru. Nabíjecí podcykl může být ukončen třemi způsoby, buď je ukončen pokynem od battery management systému, nebo vynucený uživatelem pomocí tlačítka, nebo pokud je detekováno přerušování pilotního signálu. Pokud dojde k jedné z těchto událostí nabíjení končí a odpor je od pilotního signálu odepnut, čímž se hladina napětí změní na původní a stanice rozezpíná silový obvod. Poté je odblokován pohon a konektor. Program čeká už jen na odpojení nabíjecího konektoru, po němž se vrací zpátky na začátek.

### Centrální řídicí jednotka



Obrázek 2. Schéma zapojení jednotek

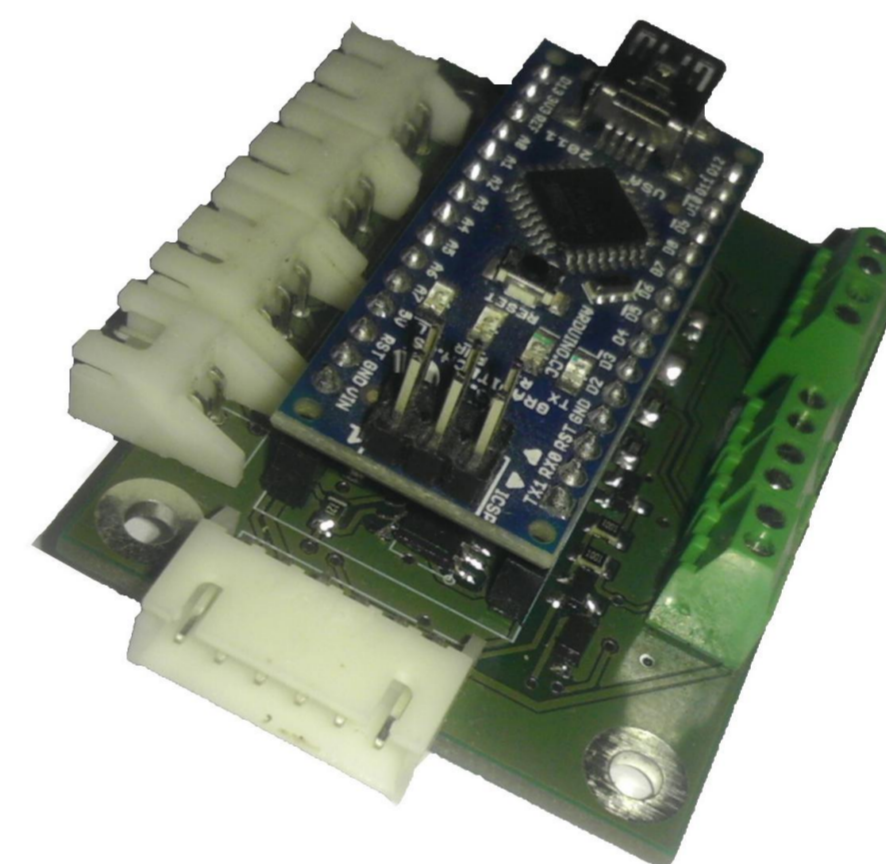
Centrální jednotka má funkci stmělujícího prvku. Jednotka musí být vybavena dvojicí CAN sběrnice z důvodu odlehčení provozu na sběrnici s jednotkami jejichž funkce má velkou prioritu a mohly by být zpomalovány ostatním provozem na sběrnici. Dalšími funkcemi, které může řídicí jednotka zastávat je ovládání jednoduchých prvků, například světel, pokud se nepoužívají složité osvětlovací mechanismy, které mají vlastní řídicí jednotku. Z těchto důvodů musí být jednotka kromě CAN sběrnice vybavena dostatečným počtem digitálních vstupů a výstupů.

Skrze centrální jednotku také proudí velké množství dat naměřených okolními jednotkami. Některé z těchto dat je nutno poskytnout i zařízením na druhém okruhu CAN sběrnice. Z toho důvodu je nutné vyřešit přeposílání dat, které jsou určeny zařízením mimo CAN sběrnici.

### Výsledky

Obě jednotky jsou realizovány pomocí Arduino, pro který byl v prostředí Eagle navržen příslušný shield obsahující nutné periférie. U první jednotky, jednotky nabíjení je to Arduino nano. Arduino je rozšířeno o shield, ve kterém jsou k němu doplněny obvody pro čtení pilotního signálu a digitální výstupy pro obsluhu blokad nabíjecího konektoru a blokad pohonu. Komunikace se systémem pro management baterie je realizována pomocí dvojice obvodů MCP 2515 a 2551 připojených skrze SPI rozhraní. Toto komunikační rozhraní slouží jako převodník na CAN přijímač a vysílač. Možnost posílat skrze jednotku datové rámce rozšiřuje možnosti posílaných dat naměřených jednotkou.

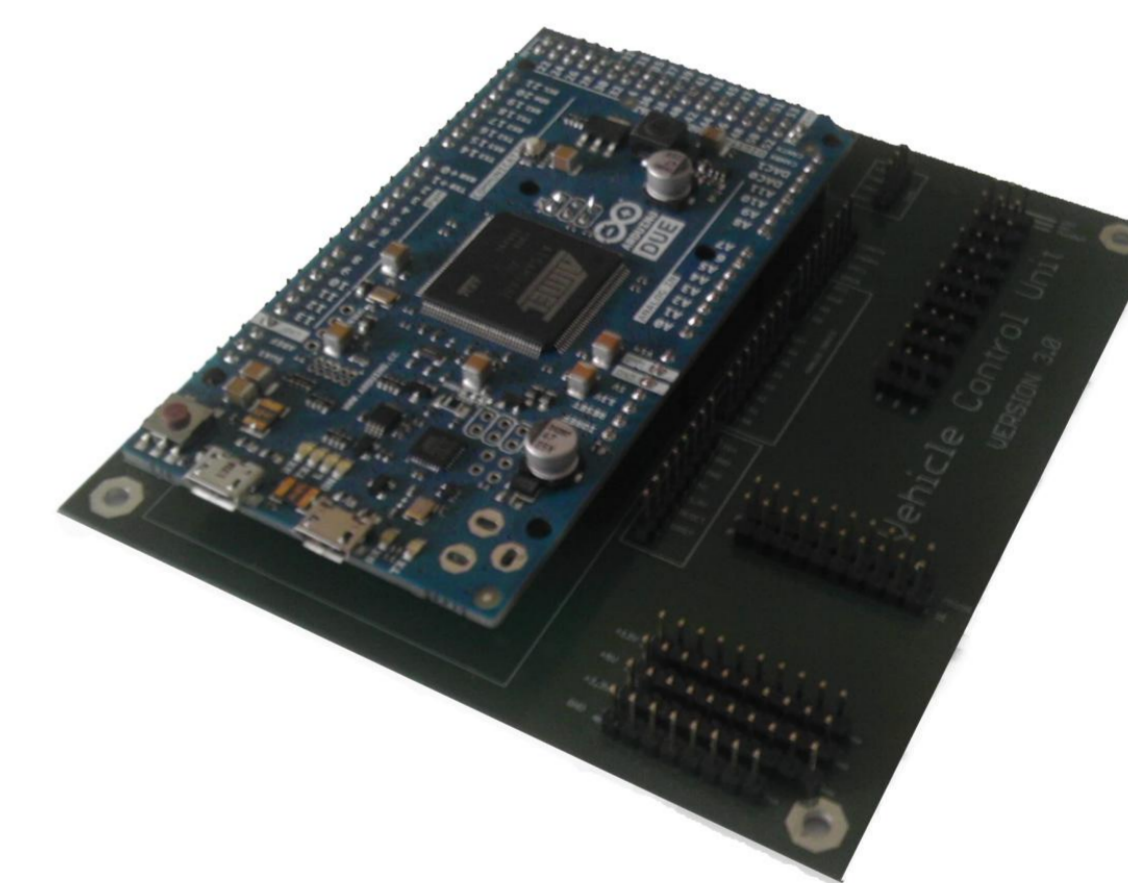
Proto je dále jednotka schopna měřit skrze dolnoproústňový filtr i střidu z pilotního signálu. Dále pak hodnotu z Proximity pinu a teplotu z nabíjecího konektoru. Implementování pracovního cyklu probíhalo pomocí pracovního prostředí pro programování Arduino. Kromě pracovního cyklu bylo nutné implementovat i programovou část sběrnice CAN a nastavit tvary rámců tak, aby bylo možné posílat informace do systému pro správu baterie. Pro nastavení rámců je použit software dodávaný se systémem pro správu baterií. Zde se nastaví tvar rámce, zda bude přijímán, nebo odeslán a do datové oblasti se nastaví potřebná informace. Ten samý tvar se poté naprogramuje i do jednotky Arduino. Podobně se nastaví i přenosová rychlost CAN sběrnice.



Obrázek 3. Jednotka pro zprostředkování nabíjení

Centrální jednotka je postavená na platformě Arduino due. Jádro Arduino tvoří Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Výhodou je dvojice separátních CAN sběrnic. Nevýhodou je nižší pracovní napětí 3,3 V. To může být v automobilu problémem, pokud se na jednotku přivede vyšší napětí 12 V typické pro automobilové signály. Řešení je realizováno skrze mosfetové tranzistory. Podobný problém je u spínání signálů. Zde je řešení realizováno kaskádním řazením tranzistorů, z důvodu úspory vodičů.

S nižším napětím na výstupu Arduino souvisí i volba jiných CAN vysílačů, než u jednotky nabíjení. Kromě CAN sběrnice je v jednotce implementováno i kompletní ovládání vnějšího osvětlení vozidla a dvojice analogových vstupů pro snímání polohy plynového pedálu, nebo další měření. Celá jednotka je řešena modulárně, je tedy možné připojené periférie libovolně odpojovat.



Obrázek 4. Centrální jednotka

### Závěr

Pokud by se tedy cíle práce rozdělily do dvou bodů, je výsledkem prvního bodu modulární jednotka, s dostatečným počtem analogových a digitálních vstupů a výstupů pro spravování komponent uvnitř vozu. Na tyto vstupy je přivedeno ovládání světel vozu a snímač polohy plynového pedálu. Hlavním bodem je implementace CAN sběrnice, na které lze spravovat veškerá zařízení vozu. Druhým bodem je jednotka nabíjení. Ta je schopna zpracovávat komunikační signál nabíječek tak, jak je normován podle IEC 62196 a na základě toho je schopna signál zpracovat. Dalším rozšířením je pak komunikace po CAN sběrnici s konkrétní BMS a zprostředkování nabíjení.

### Reference

- [1] ANDREA, Davide. Battery management systems for large lithium-ion battery packs. Boston: Artech House, c2010, xi, 290 p. ISBN 16-080-7104-9.
- [2] WEICKER, Phillip. A systems approach to lithium-ion battery management. Boston: Artech House, c2010, xi, 299 p. ISBN 16-080-7659-8.
- [3] Society of Automotive Engineers; Craig B. Toepfer (2001-09-27). "SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler, SAE J1772, REV. MONTH01"(DOC). California Air Resources Board. Retrieved 2009-10-23.

### Kontakt

Bc. Michal Fiedler

michal.fiedler@tul.cz, michal.fiedler.post.cz