

# **Nagy teljesítményű vészhelyzeti áramforrás tervezése**

Fuszenecker Róbert  
2009. február 25.

# A feladat megfogalmazása

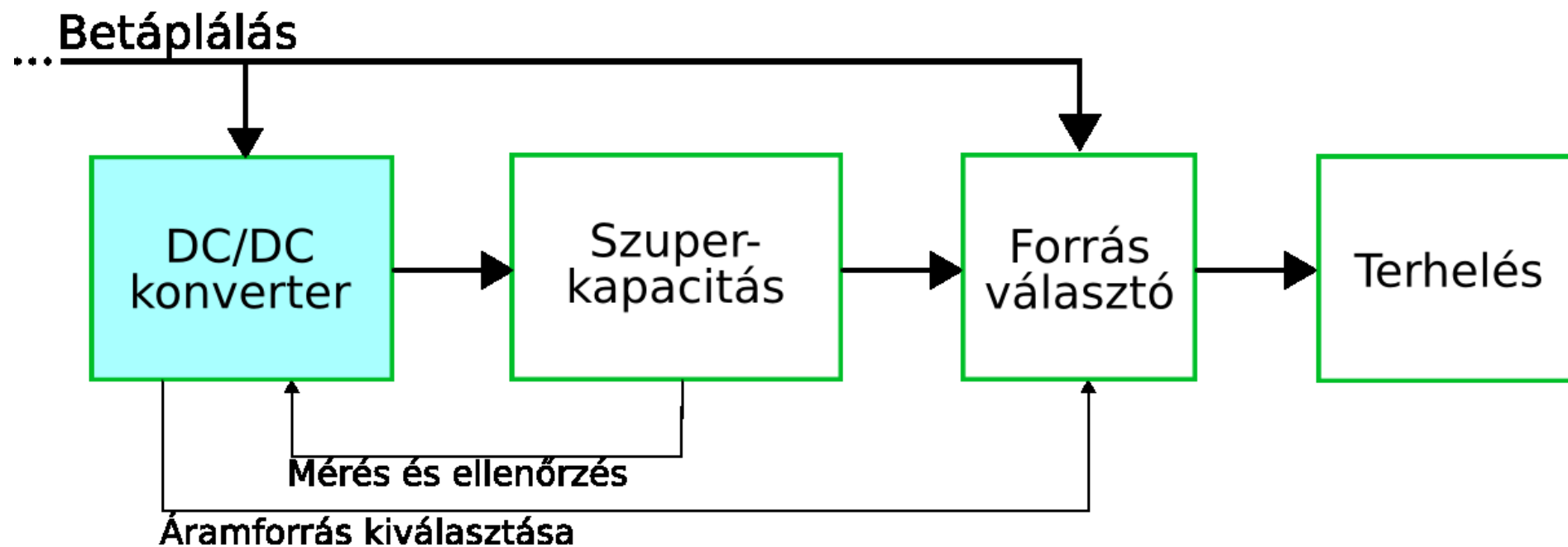
Az EADS<sup>1</sup> specifikációjának megfelelően készítendő egy **vészhelyzeti áramforrás**, mely

- az elsődleges áramforrás kimaradása esetén átveszi annak funkcióját:
  - 10 kW terhelést
  - legalább 10 másodpercig táplál
  - 270 V<sub>DC</sub> névleges bemenő és kimenő feszültség mellett,
- szuperkapacitásokat tartalmaz,
- távolról vezérelhető és ellenőrizhető (CAN buszon keresztül).

---

<sup>1</sup> European Aeronautic Defence and Space Company EADS N.V.

# A tápegység felépítése



# Részfeladatok

Az áramforrás megvalósításának lépései:

- 🟡 tervezés
  - 🟢 szuperkapacitás megválasztása
  - 🟢 töltő-áramkör architektúrájának kiválasztása
  - 🟢 transzformátor méretezése
- 🟡 áramkör megépítése
  - 🟢 soros-CAN átalakító megvalósítása
  - 🟢 töltő-áramkör megépítése
  - 🟢 mérés, ellenőrzés

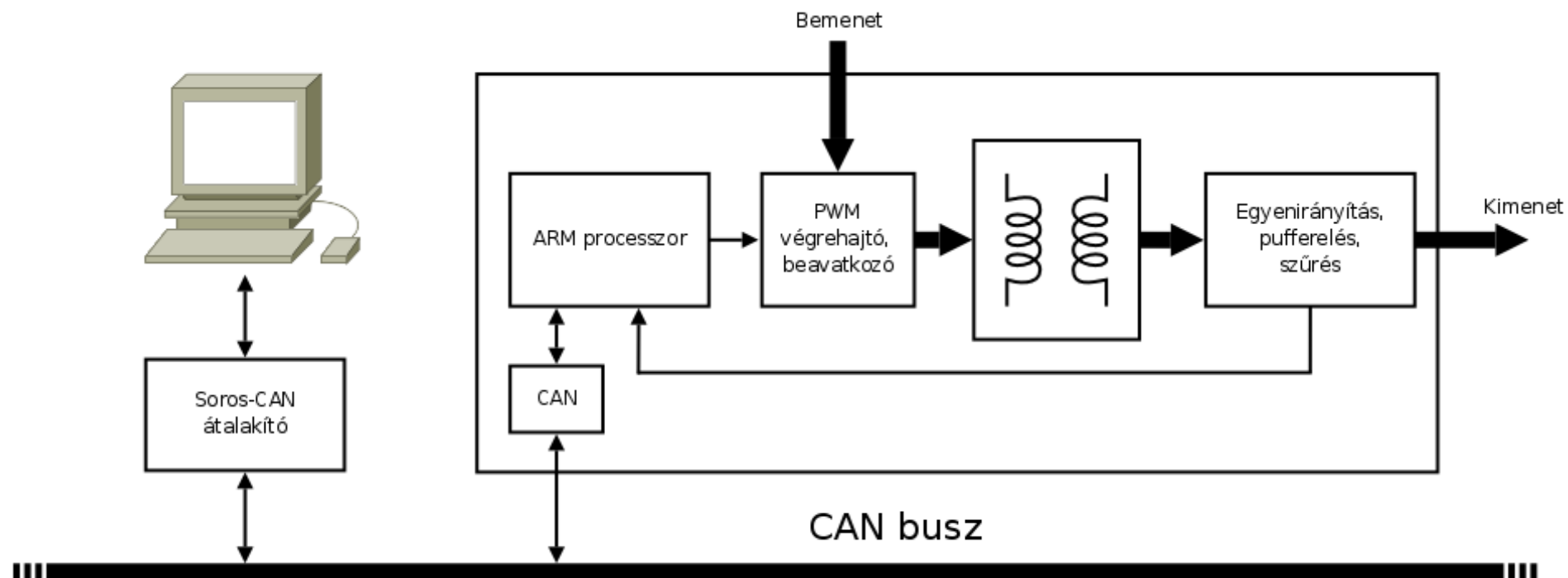
## Szuperkapacitás kiválasztása

A kondenzátorban tárolt energia a következő képlettel számítható:

$$\int_{(t)} P(t) dt = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (U_0^2 - U_1^2)$$

Az áramkör megépítéséhez egy 6,173 F kapacitású, 300 V-os kondenzátort kell használni. A gyakorlatban ez 5 darab 84 V-os, 100 F-os változattal oldható meg.

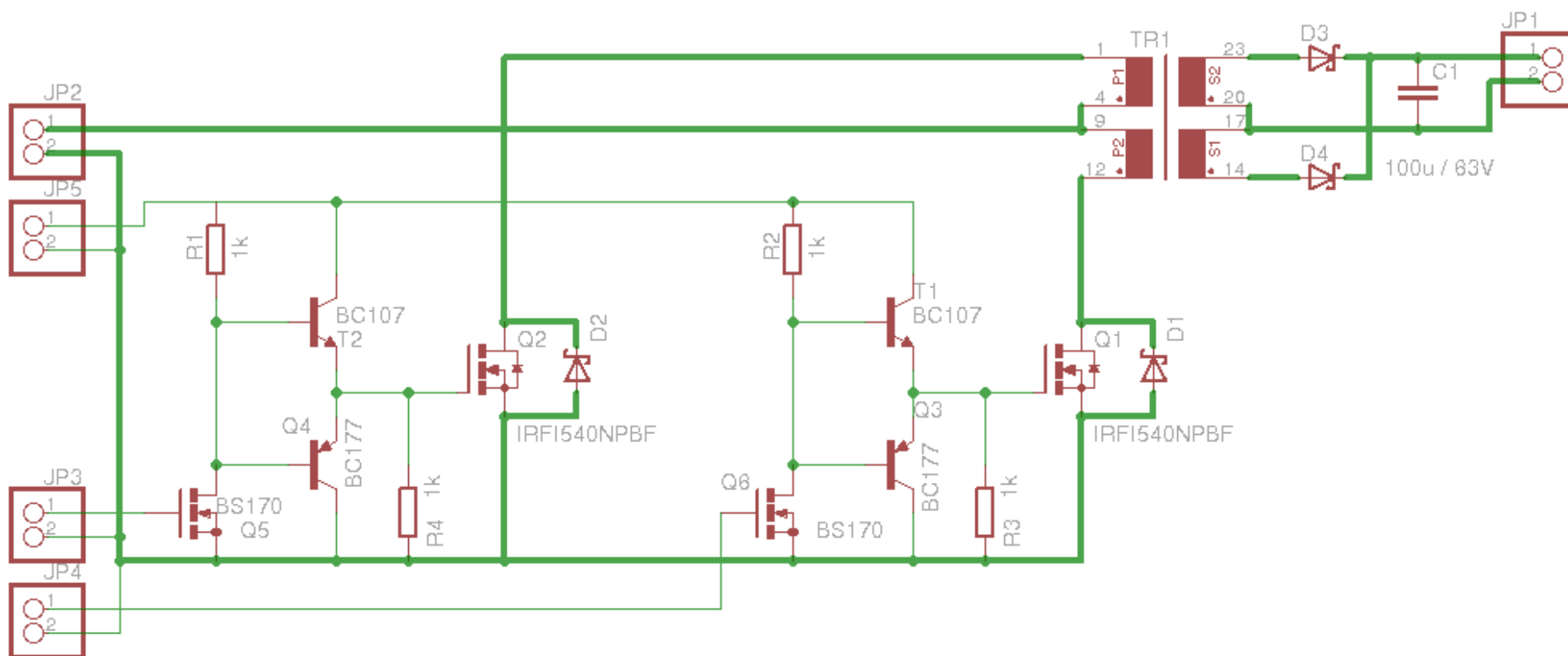
# A kondenzátorok töltése



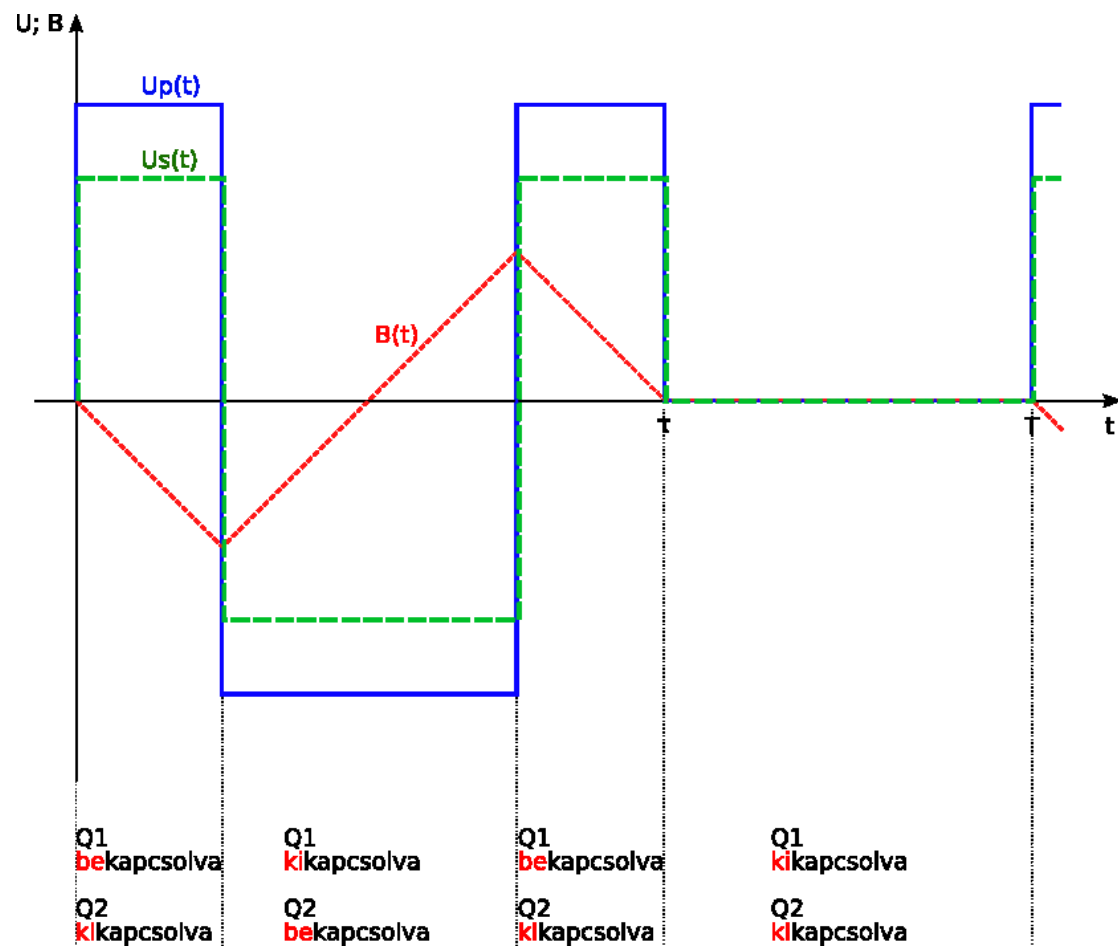
Az eszköz egy feszültséghatárolt áramgenerátorként vagy áramhatárolt feszültséggenerátorként működik.

# Architektúraválasztás

A képen egy push-pull felépítésű, kapcsoló üzemű tápegység látható.



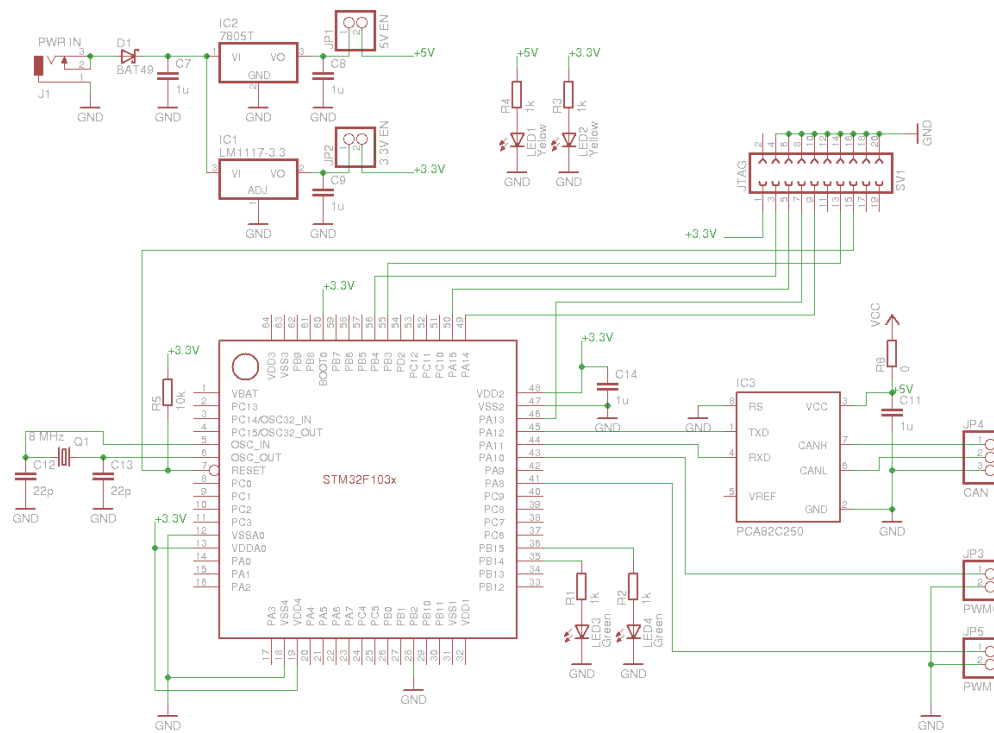
# A kimenő feszültség előállítás





# A kimenő feszültség előállítása (folyt.)

A képen látható jelalakot egy ARM Cortex-M3 alapú mikrovezérlő (STM32F103CBT6) **megszakítási rutinja** állítja elő, mint **szoftver PWM jelet**.



# A transzformátor méretezése

A transzformátor méretezéséhez szükséges összefüggéseket a **Maxwell-egyenletek**ből vezettem le. Ezek közül a legfontosabb:

$$\oint_{(S)} \vec{H} \cdot d\vec{S} = -\frac{d}{dt} \int_{(A)} \vec{B}(t) \cdot d\vec{A}$$

Ez az egyenlet teremt kapcsolatot az indukcióváltozás és az indukált feszültség között.

## Az „Y” paraméter

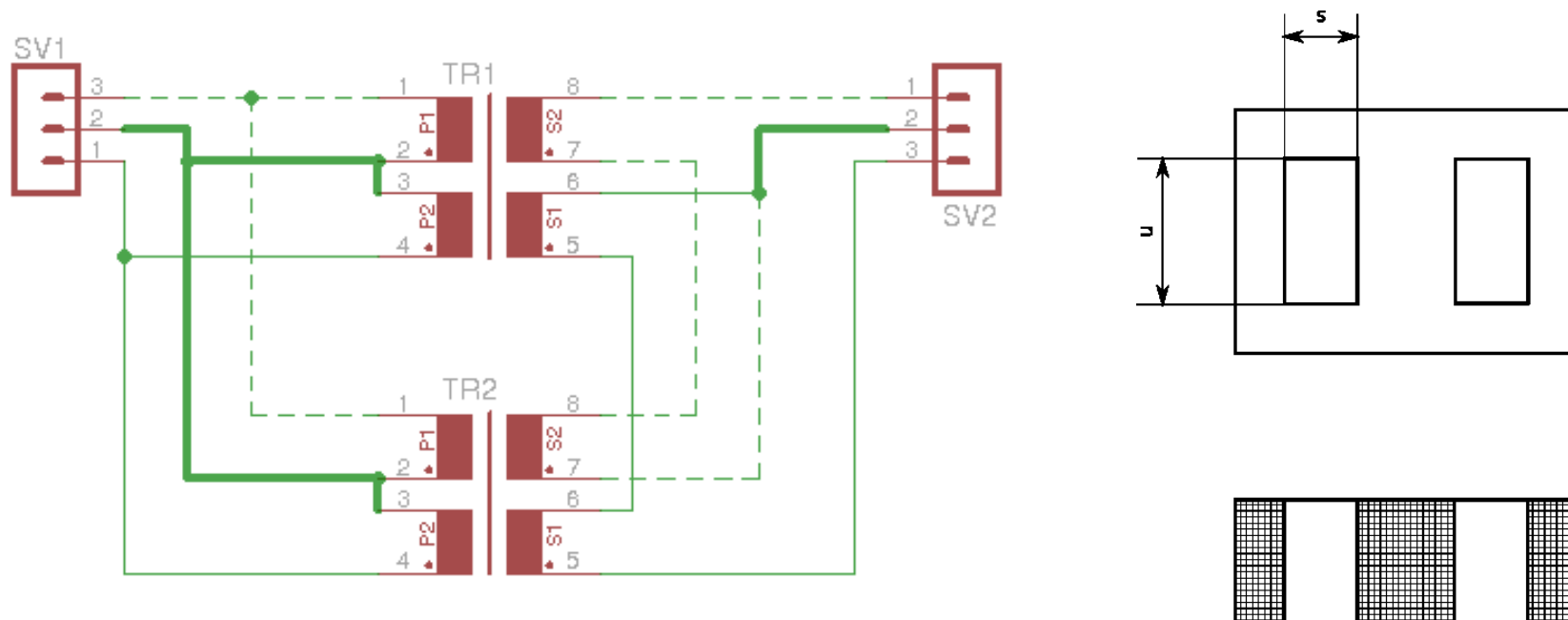
A transzformátor vasmagja jellemezhető egy olyan paraméterrel, amely csak

- a primer feszültség jelalakjától,
- a maximális indukciótól (katalógusadat),
- a vasmag keresztmetszetétől
- és az alkalmazott frekvenciától

függ:

$$Y = \frac{U_p}{N_p} = \frac{U_s}{N_s} = k \cdot \hat{B} \cdot A \cdot f_{min}$$

# Transzformátorok párhuzamosítása



Erre azért van szükség, mert egy vasmagon nem fér el a teljes tekercselés.

# Kommunikáció CAN buszon keresztül

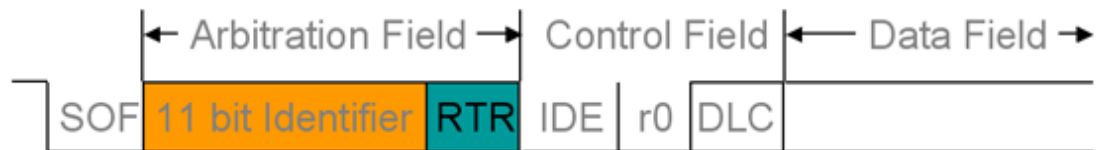
Az áramköröm megvalósításakor a CAN busz alkalmazása mellett döntöttem, mert

- viszonylag zavarérzékeny,
- nagy átviteli sebességet biztosít (max. 1 Mbit/s),
- busz topológia valósítható meg,
- a CAN vezérlő tehermentesíti a processzort, mert elvégzi a kere-  
tezési feladatokat, pl.:
  - üzenetprioritás, szűrők
  - nyugtázás és újrakérés, hibakezelés (vételi puffer megtelt)
  - hibaellenőrzés (CRC)

# A CAN protokoll rövid áttekintése



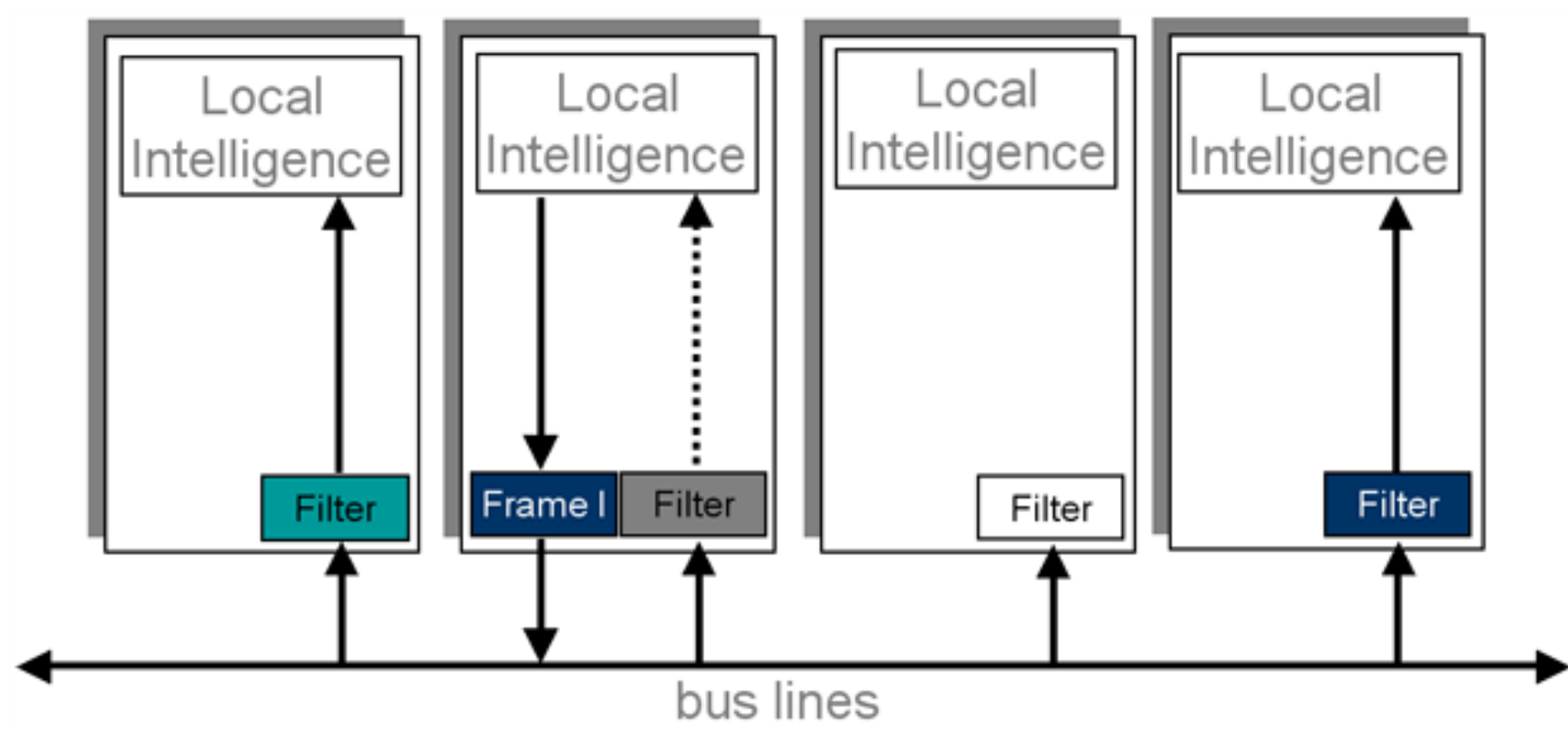
## Standard Frame Format



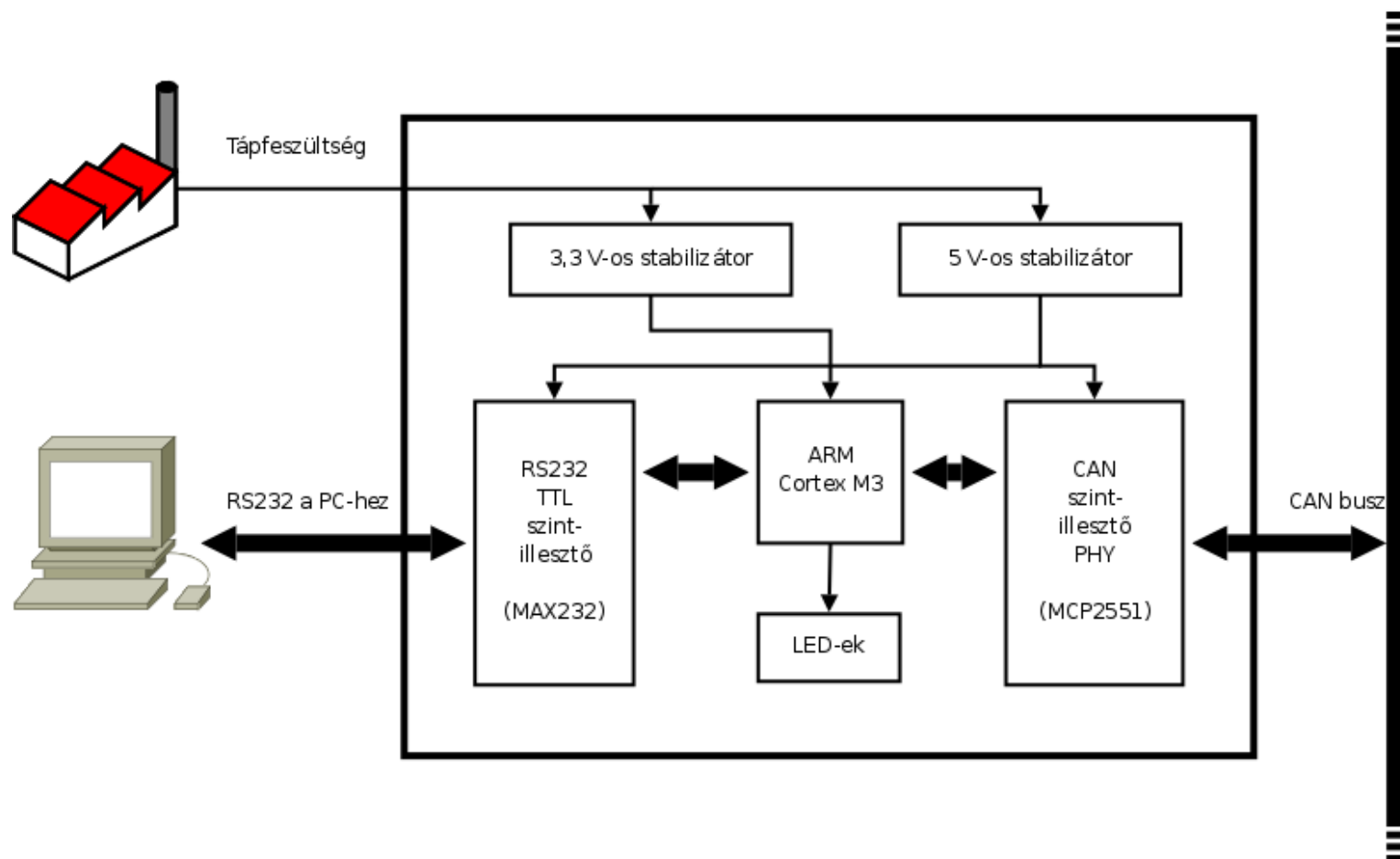
## Extended Frame Format



## Busz topológia kialakítása



# Az átalakító felépítése







## Az ARM processzor

Mind a tápegység, mind a soros-CAN átalakító megvalósításához egy **ARM Cortex-M3** alapú mikrovezérlőt (STM32F103CBT6) használtam a következő okok miatt:

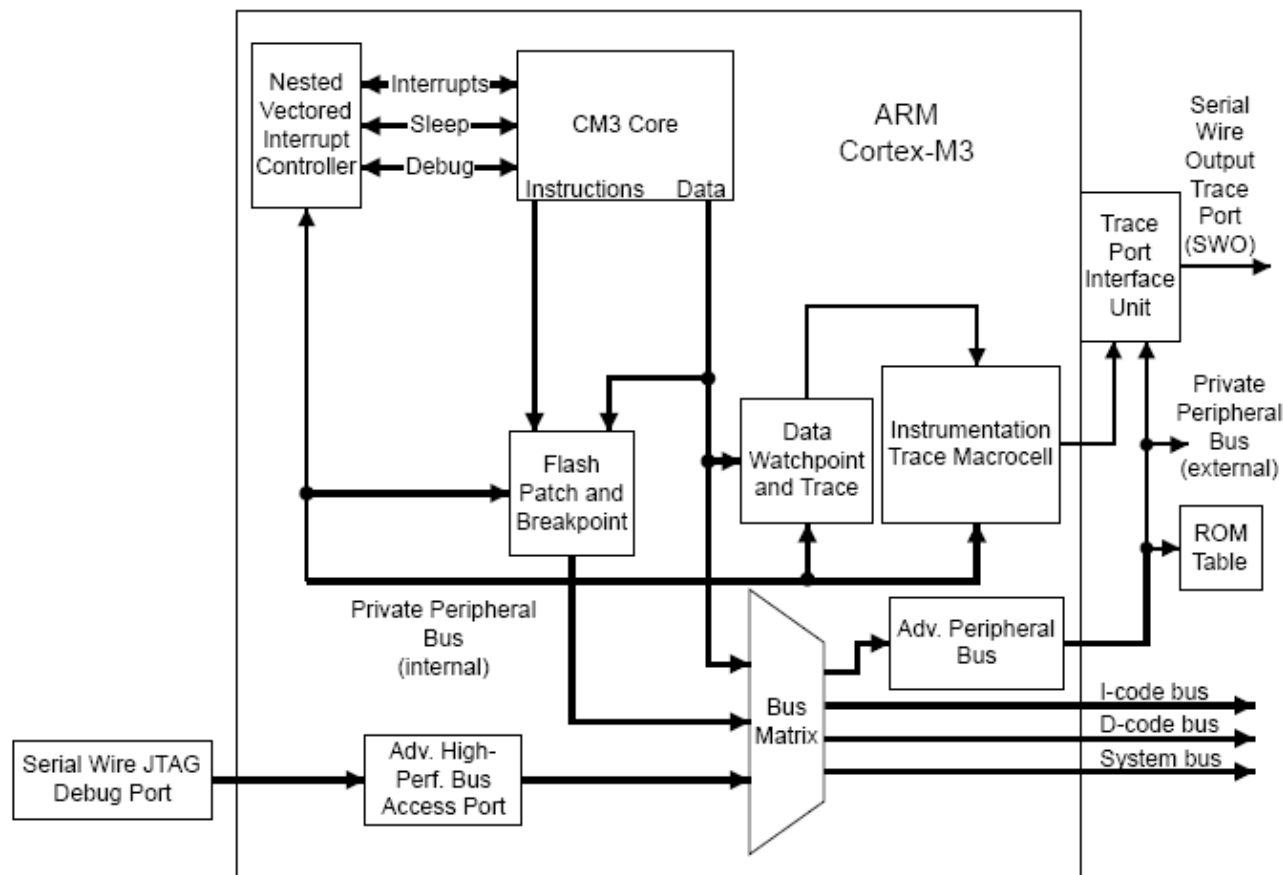
- 32 bites felépítésű
- 4 gigabájtos lineáris címtartománnyal rendelkezik (nem kell memóriabankokat és I/O utasításokat használni),
- 32 bites ARM és 16 bites Thumb utasítások végrehajtására is képes (a Cortex-M3 csak a Thumb2-t ismeri)
- a processzor több futtatási módot tartalmaz: lehetőség van a rendszer- és a felhasználói kód szétválasztására. Ez növeli a beágyazott rendszer biztonságát és megbízhatóságát,

## Az ARM processzor (folytatás)

- számos egységet beépítve tartalmaz: MMU-t, ETM-et, megszakításkezelőt, SYSTICK számlálót,
- a gyártók még számos perifériával egészítik ki a processzor magot: számlálókkal, DMA-val, kommunikációs eszközökkel (CAN, Ethernet, USB, USART, I<sup>2</sup>C, SPI, SD/MMC), A/D és D/A átalakítók-  
kal, stb.,
- kiváló szoftveres támogatással rendelkezik: a GCC fordít ARM processzorra, az OpenOCD pedig számos gyártó termékét támogatja.
- Firmware library: eszközök kezeléséhez, szabályozástechnikai (pl. PID) és DSP algoritmusok (pl. FIR, IIR, FFT, Speex), TCP/IP és UDP/IP verem

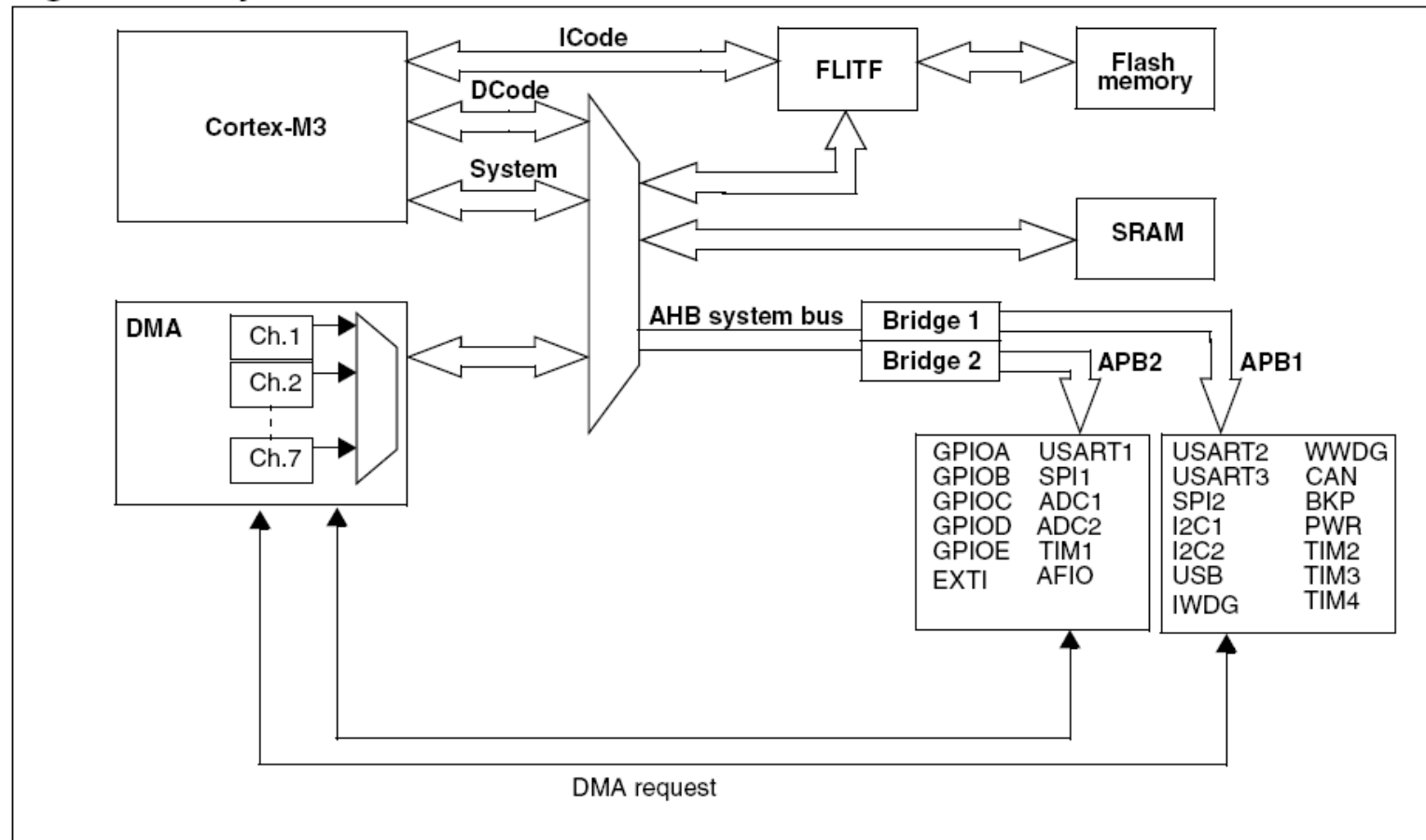
# Az ARM Cortex-M3 processzor felépítése

Figure 2-1. CPU Block Diagram



# Az STM32F103CBT6 mikrovezérlő

Figure 1. System architecture

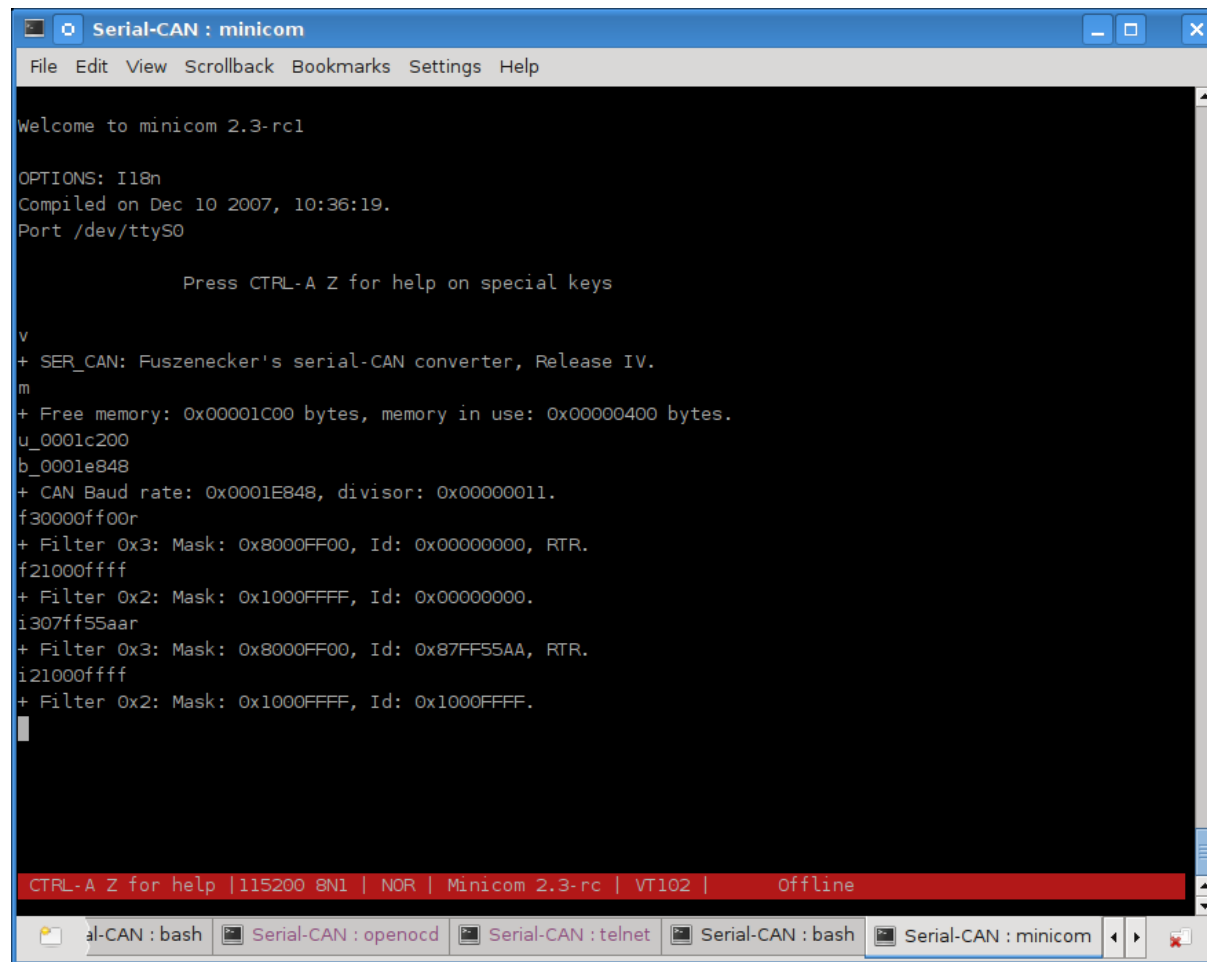


# A szoftverfejlesztés

Az áramforrás és a soros-CAN átalakító elkészítéséhez a következő szoftver eszközöket használtam:

- binutils, gcc, make – keresztfordító (cross compiler) a C programok fordításához,
  - az ST által biztosított függvénykönyvtár a beépített eszközök kezeléséhez,
  - gdb, openocd – a lefordított kód hibamentesítéséhez,
  - minicom – a soros-CAN átalakítóval való kommunikációhoz,
  - python – a soros-CAN átalakító felhasználói felületének elkészítéséhez,
- ez utóbbi szolgál a tápegységgel való kommunikációhoz is.

# A soros-CAN átalakító működés közben



```
Serial-CAN : minicom
File Edit View Scrollback Bookmarks Settings Help

Welcome to minicom 2.3-rc1

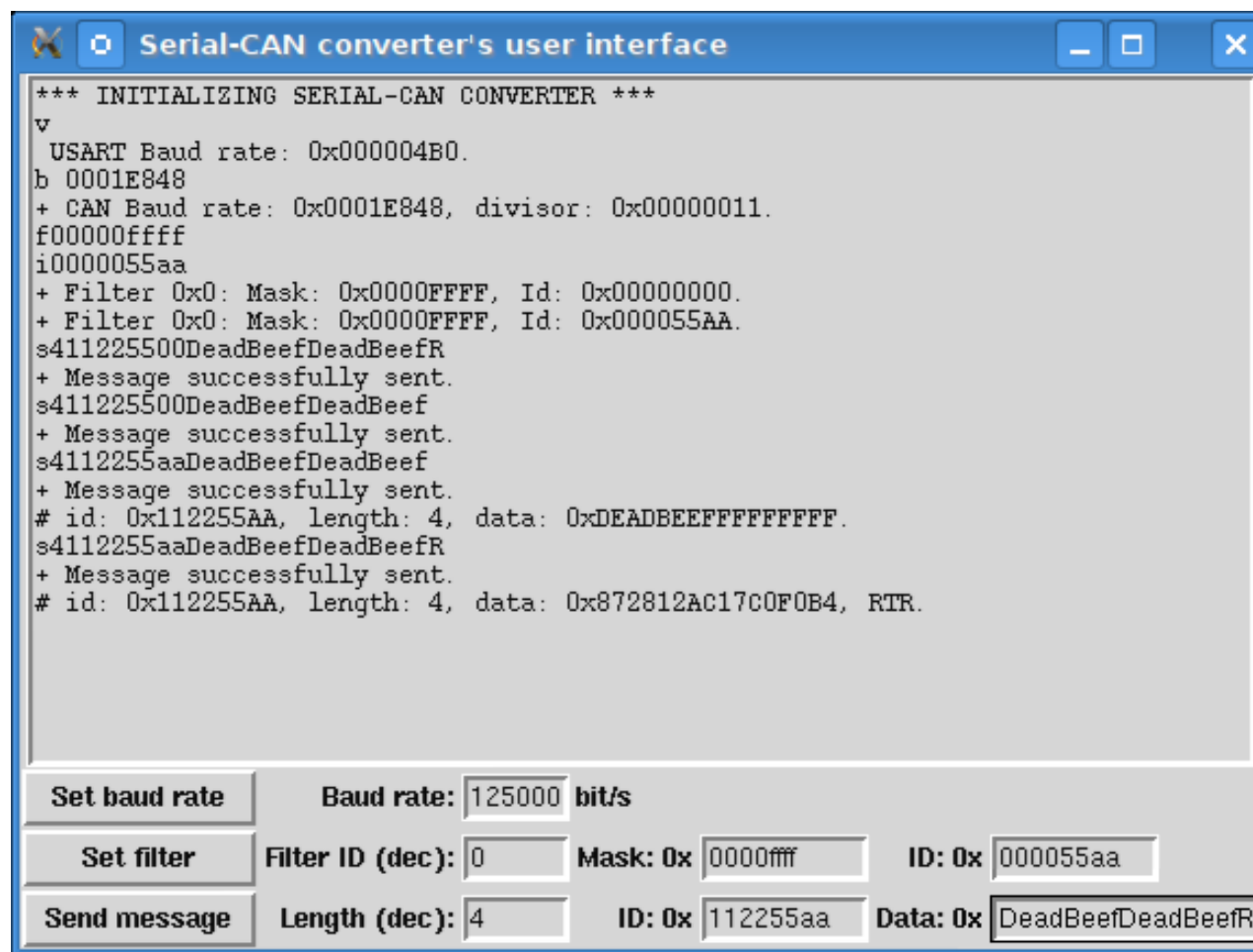
OPTIONS: I18n
Compiled on Dec 10 2007, 10:36:19.
Port /dev/ttyS0

        Press CTRL-A Z for help on special keys

v
+ SER_CAN: Fuszenecker's serial-CAN converter, Release IV.
m
+ Free memory: 0x00001C00 bytes, memory in use: 0x00000400 bytes.
u_0001c200
b_0001e848
+ CAN Baud rate: 0x0001E848, divisor: 0x00000011.
f30000ff00r
+ Filter 0x3: Mask: 0x8000FF00, Id: 0x00000000, RTR.
f21000ffff
+ Filter 0x2: Mask: 0x1000FFFF, Id: 0x00000000.
i307ff55aar
+ Filter 0x3: Mask: 0x8000FF00, Id: 0x87FF55AA, RTR.
i21000ffff
+ Filter 0x2: Mask: 0x1000FFFF, Id: 0x1000FFFF.
|

CTRL-A Z for help | 115200 8N1 | NOR | Minicom 2.3-rc | VT102 | Offline
```

# A grafikus felhasználói felület





# **Van-e kérdés az elhangzottakkal kapcsolatban?**

**Köszönöm a figyelmet!**

## Felhasznált szoftverek

- OpenOffice.org 2.4.1 – szövegszerkesztő, szövegformázó
- GCC 4.2.3 (Sourcery G++ Lite 2008q1-126) – GNU Compiler Collection (GNU fordítógyűjtemény)
- Dia 0.96.1 – diagram szerkesztő
- Inkscape 0.46 – vektorgrafikus szerkesztő
- OpenOCD – Open On-Chip Debugger (nyílt lapkán belüli nyomkövető)
- STM32 Firmware Library – STM32 beágyazott programkönyvtár
- Eagle 5.3.0 Light Edition – nyomtatott áramkör tervező

## Felhasznált irodalom

- Cortex™-M3 Technical Reference Manual – műszaki referencia kézikönyv
- RM0008 STM32 Reference Manual – STM32 referencia kézikönyv
- <http://wikipedia.org/> – A szabad enciklopédia (az ARM processzorok története)
- <http://www.softing.com> – a CAN busz képeinek forrása

# Az engedély

Dear Mr Fuszenecker,

we are very pleased that you selected the STM32 for your study. **We confirm you hereby that you can use any part of our documentation to illustrate your Report.**

We are always interested to see how our product are used. Would it be possible to receive also a copy of your work (or part of it)?

Best regards,  
Thomas Ensergueix  
Marketing Manager Microcontrollers