

# BATTERY MANAGEMENT SYSTEM FOR LITHIUM BATTERIES

## Projet tuteuré

LEBRUN Alexandre  
REY Kevin  
Groupe Q1  
Promotion 2010-2012

Enseignants :  
LEQUEU Thierry  
GLIKSOHN Charles

# Introduction

# INTRODUCTION

- ž La batterie Lithium-ion
  - $T^{\circ} < 40^{\circ}\text{C}$
  - $U > 15\%$  de  $U_{\text{max}}$
  
- ž Le BMS (Battery Management System)
  - Mesurer
  - Gérer
  - Alerter

# PLAN

- ž Les objectifs du projet
  - Le cahier des charges
  - Le planning
- ž Création de la maquette de test
  - Prototype de la batterie
  - Adaptation en tension
- ž Programmation du BMS
  - L'ATmega8535
  - Mesure des tensions
  - Mesure de la température

# Les objectifs du projet

# LE CAHIER DES CHARGES

- ž Mesurer les tensions d'une batterie
- ž Mesurer la température
- ž Alerter l'utilisateur
- ž Protéger l'utilisateur et le matériel
- ž Finir le projet dans les temps impartis

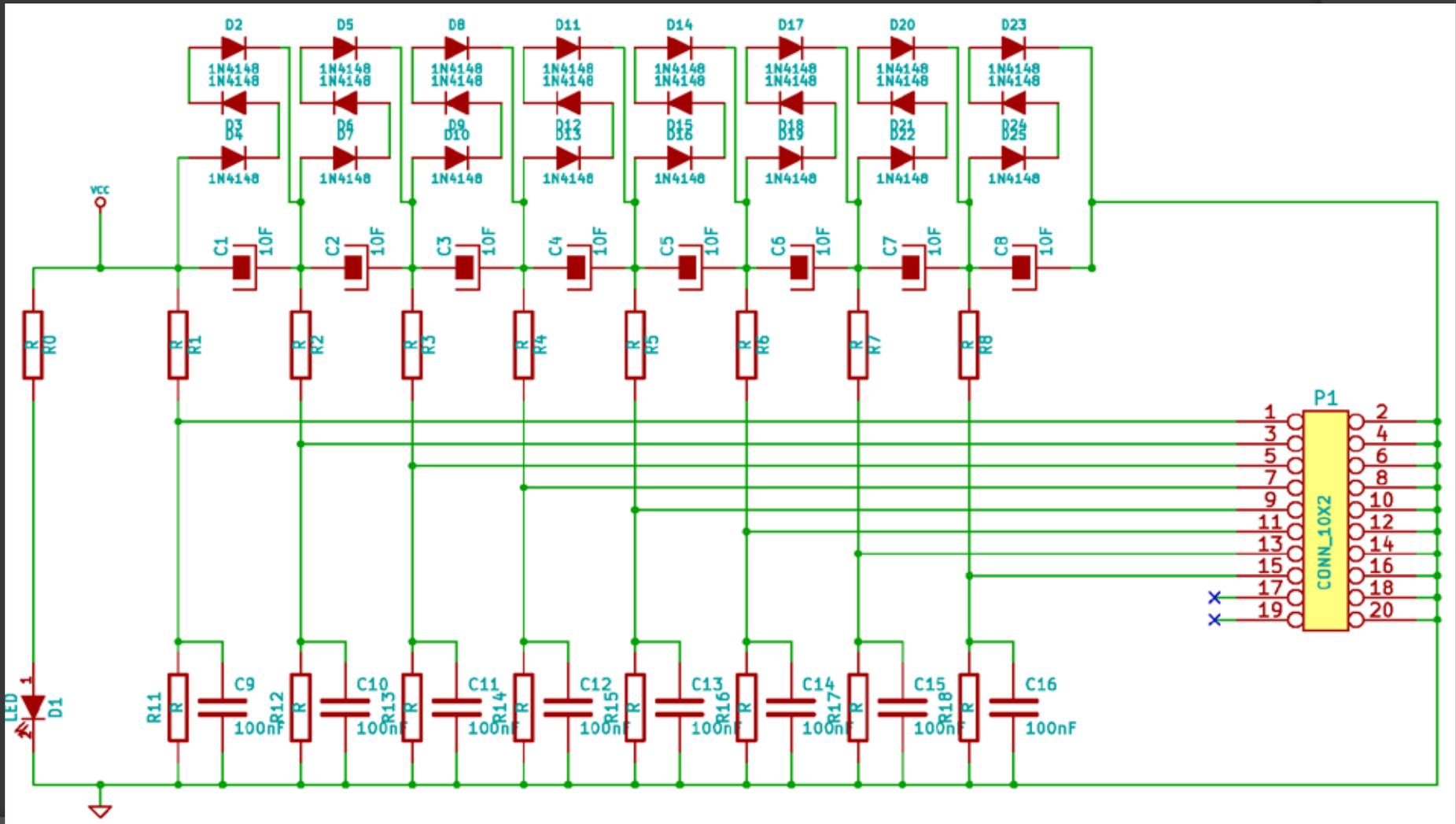
# PLANNING

Semaine \ Tâches	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Étude du projet	Red	Red			Grey	Grey				
Surveillance de la tension de la batterie										
Conception plaque de test	Red	Red	Red	Red	Grey	Grey				
Programmation de l'ATmega8535		Red	Red	Red	Grey	Grey		Blue	Blue	Blue
Mise en œuvre et test				Red	Grey	Grey	Red		Blue	Blue
Surveillance de la température										
Étude du capteur et du bus I <sup>2</sup> C		Red	Red	Red	Grey	Grey				
Mise à jour du programme			Red	Red	Grey	Grey	Red		Blue	Blue
Test de fonctionnement					Grey	Grey	Red	Red		Blue
Surveillance de la température										
Rédaction du rapport	Red	Red	Red	Red	Grey	Grey	Red	Red	Red	
Oral					Grey	Grey				Red

Partie 1

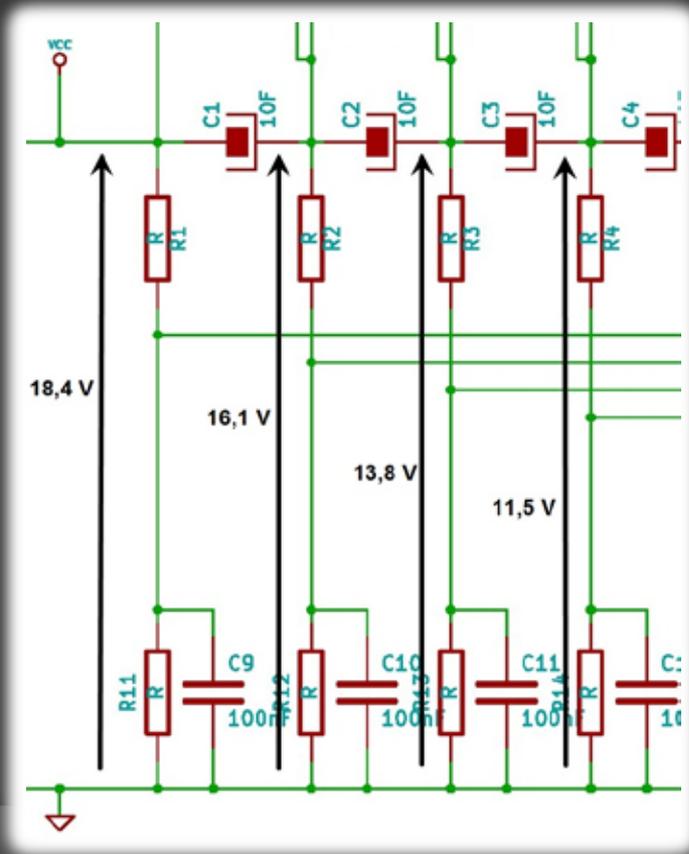
# Réalisation de la maquette de test

# PROTOTYPE DE LA BATTERIE



# ADAPTATION EN TENSION

➤ Solution simple, le pont diviseur de tension :



$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)}$$

# CALCUL DES RÉSISTANCES DES PONTS DIVISEURS DE TENSION

Ri/R1i	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91
100	0,0909	0,0991	0,1071	0,115	0,1304	0,1379	0,1525	0,1667	0,1803	0,1935	0,2126	0,2308	0,2481	0,2647	0,2806	0,3007	0,3197	0,3377	0,359	0,3827	0,4048	0,4286	0,4505	0,4764
110	0,0833	0,0909	0,0984	0,1057	0,12	0,127	0,1406	0,1538	0,1667	0,1791	0,1971	0,2143	0,2308	0,2466	0,2617	0,281	0,2994	0,3168	0,3373	0,3605	0,382	0,4054	0,4271	0,4527
120	0,0769	0,084	0,0909	0,0977	0,1111	0,1176	0,1304	0,1429	0,1549	0,1667	0,1837	0,2	0,2157	0,2308	0,2453	0,2638	0,2814	0,2982	0,3182	0,3407	0,3617	0,3846	0,4059	0,4313
130	0,0714	0,078	0,0845	0,0909	0,1034	0,1096	0,1216	0,1333	0,1447	0,1558	0,172	0,1875	0,2025	0,2169	0,2308	0,2486	0,2655	0,2818	0,3011	0,3229	0,3434	0,3659	0,3868	0,4118
150	0,0625	0,0683	0,0741	0,0798	0,0909	0,0964	0,1071	0,1176	0,1279	0,1379	0,1525	0,1667	0,1803	0,1935	0,2063	0,2228	0,2386	0,2537	0,2718	0,2925	0,3119	0,3333	0,3534	0,3776
160	0,0588	0,0643	0,0698	0,0751	0,0857	0,0909	0,1011	0,1111	0,1209	0,1304	0,1444	0,1579	0,171	0,1837	0,196	0,2118	0,2271	0,2417	0,2593	0,2793	0,2982	0,3191	0,3388	0,3625
180	0,0526	0,0576	0,0625	0,0674	0,0769	0,0816	0,0909	0,1	0,1089	0,1176	0,1304	0,1429	0,1549	0,1667	0,1781	0,1928	0,207	0,2208	0,2373	0,2562	0,2742	0,2941	0,313	0,3358
200	0,0476	0,0521	0,0566	0,061	0,0698	0,0741	0,0826	0,0909	0,0991	0,1071	0,1189	0,1304	0,1416	0,1525	0,1632	0,177	0,1903	0,2032	0,2188	0,2366	0,2537	0,2727	0,2908	0,3127
220	0,0435	0,0476	0,0517	0,0558	0,0638	0,0678	0,0756	0,0833	0,0909	0,0984	0,1093	0,12	0,1304	0,1406	0,1506	0,1635	0,176	0,1882	0,2029	0,2199	0,2361	0,2542	0,2715	0,2926
240	0,04	0,0438	0,0476	0,0514	0,0588	0,0625	0,0698	0,0769	0,084	0,0909	0,1011	0,1111	0,1209	0,1304	0,1398	0,1519	0,1638	0,1753	0,1892	0,2053	0,2208	0,2381	0,2547	0,2749
270	0,0357	0,0391	0,0426	0,0459	0,0526	0,0559	0,0625	0,069	0,0753	0,0816	0,0909	0,1	0,1089	0,1176	0,1262	0,1374	0,1483	0,1589	0,1718	0,1867	0,2012	0,2174	0,233	0,2521
300	0,0323	0,0354	0,0385	0,0415	0,0476	0,0506	0,0566	0,0625	0,0683	0,0741	0,0826	0,0909	0,0991	0,1071	0,115	0,1254	0,1354	0,1453	0,1573	0,1713	0,1848	0,2	0,2147	0,2327
330	0,0294	0,0323	0,0351	0,0379	0,0435	0,0462	0,0517	0,0571	0,0625	0,0678	0,0756	0,0833	0,0909	0,0984	0,1057	0,1153	0,1247	0,1339	0,1451	0,1582	0,1709	0,1852	0,199	0,2162
360	0,027	0,0296	0,0323	0,0349	0,04	0,0426	0,0476	0,0526	0,0576	0,0625	0,0698	0,0769	0,084	0,0909	0,0977	0,1067	0,1155	0,1241	0,1346	0,1469	0,1589	0,1724	0,1855	0,2018
390	0,025	0,0274	0,0299	0,0323	0,037	0,0394	0,0441	0,0488	0,0534	0,058	0,0647	0,0714	0,078	0,0845	0,0909	0,0993	0,1076	0,1156	0,1256	0,1372	0,1485	0,1613	0,1737	0,1892
430	0,0227	0,0249	0,0271	0,0293	0,0337	0,0359	0,0402	0,0444	0,0487	0,0529	0,0591	0,0652	0,0713	0,0773	0,0832	0,0909	0,0985	0,106	0,1152	0,126	0,1365	0,1485	0,1602	0,1747
470	0,0208	0,0229	0,0249	0,0269	0,0309	0,0329	0,0369	0,0408	0,0447	0,0486	0,0543	0,06	0,0656	0,0711	0,0766	0,0838	0,0909	0,0979	0,1065	0,1165	0,1264	0,1376	0,1486	0,1622
510	0,0192	0,0211	0,023	0,0249	0,0286	0,0304	0,0341	0,0377	0,0414	0,0449	0,0503	0,0556	0,0608	0,0659	0,071	0,0778	0,0844	0,0909	0,0989	0,1084	0,1176	0,1282	0,1385	0,1514
560	0,0175	0,0193	0,021	0,0227	0,0261	0,0278	0,0311	0,0345	0,0378	0,0411	0,046	0,0508	0,0556	0,0604	0,0651	0,0713	0,0774	0,0835	0,0909	0,0997	0,1083	0,1181	0,1277	0,1398
620	0,0159	0,0174	0,019	0,0205	0,0236	0,0252	0,0282	0,0313	0,0343	0,0373	0,0417	0,0462	0,0505	0,0549	0,0592	0,0649	0,0705	0,076	0,0828	0,0909	0,0988	0,1079	0,1168	0,128
680	0,0145	0,0159	0,0173	0,0188	0,0216	0,023	0,0258	0,0286	0,0313	0,0341	0,0382	0,0423	0,0463	0,0503	0,0542	0,0595	0,0646	0,0698	0,0761	0,0836	0,0909	0,0993	0,1076	0,118
750	0,0132	0,0145	0,0157	0,017	0,0196	0,0209	0,0234	0,026	0,0285	0,031	0,0347	0,0385	0,0421	0,0458	0,0494	0,0542	0,059	0,0637	0,0695	0,0764	0,0831	0,0909	0,0986	0,1082
820	0,012	0,0132	0,0144	0,0156	0,018	0,0191	0,0215	0,0238	0,0261	0,0284	0,0319	0,0353	0,0387	0,0421	0,0454	0,0498	0,0542	0,0586	0,0639	0,0703	0,0766	0,0838	0,0909	0,0999
910	0,0109	0,0119	0,013	0,0141	0,0162	0,0173	0,0194	0,0215	0,0236	0,0257	0,0288	0,0319	0,035	0,0381	0,0411	0,0451	0,0491	0,0531	0,058	0,0638	0,0695	0,0761	0,0827	0,0909

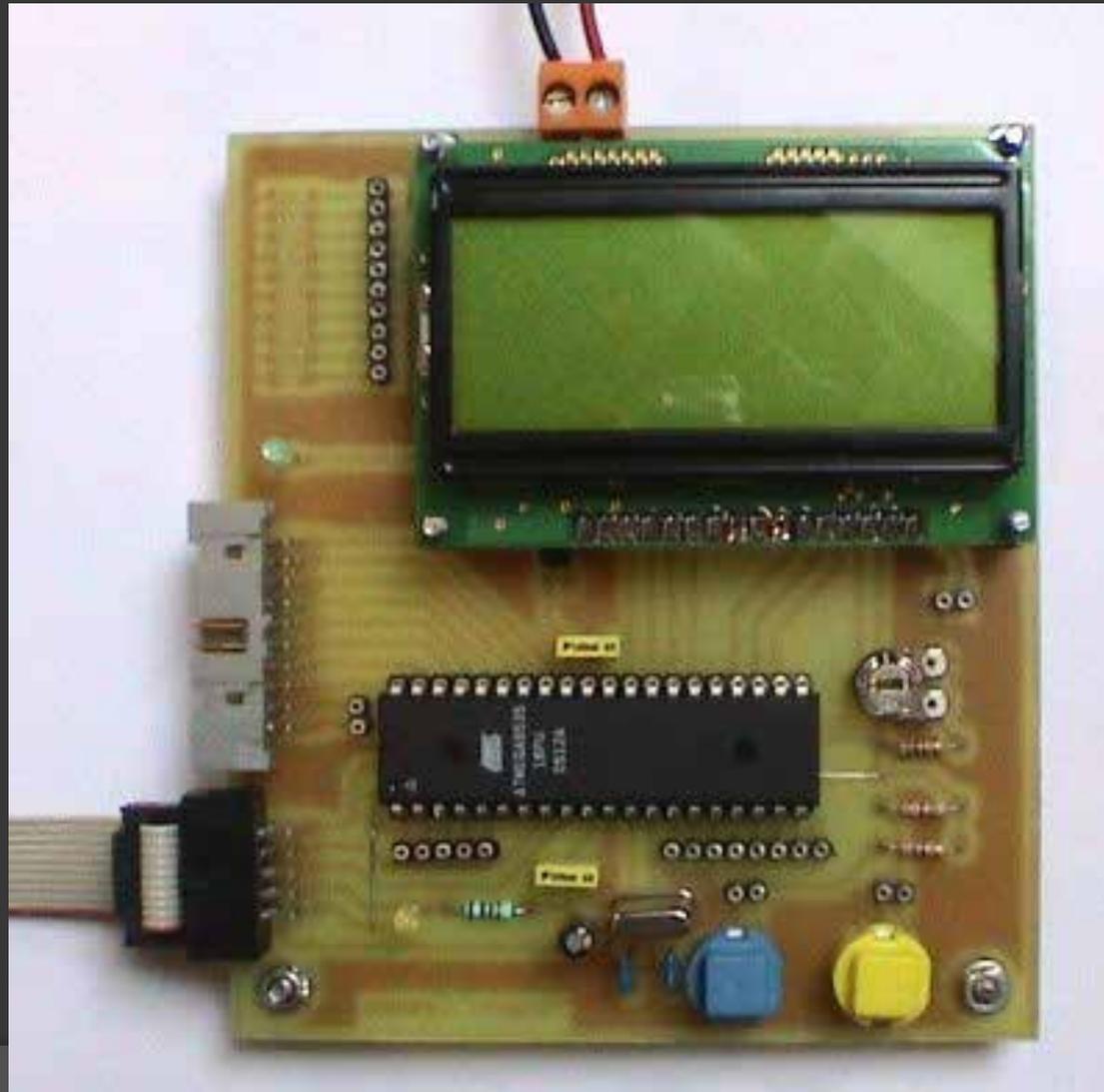
# RÉSULTATS

Cellule	Ri retenue	R1i retenue	Vi	Vsi	erreur
C1	62	10	18,4	2,556	-0,004
C2	360	68	16,1	2,558	-0,002
C3	330	75	13,8	2,556	-0,004
C4	56	16	11,5	2,556	-0,004
C5	39	15	9,2	2,556	-0,004
C6	56	33	6,9	2,558	-0,002
C7	12	15	4,6	2,556	-0,004
C8	0	15	2,3	2,3	-0,26

Partie 2

# Le programme

# L'ATMEGA8535



# L'ATMEGA8535

ž 4 PORTs (A, B, C et D)

(XCK/T0) PB0	□ 1	40	□ PA0 (ADC0)
(T1) PB1	□ 2	39	□ PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	□ 3	38	□ PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	□ 4	37	□ PA3 (ADC3)
(SS) PB4	□ 5	36	□ PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	□ 6	35	□ PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	□ 7	34	□ PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	□ 8	33	□ PA7 (ADC7)
RESET	□ 9	32	□ AREF
VCC	□ 10	31	□ GND
GND	□ 11	30	□ AVCC
XTAL2	□ 12	29	□ PC7 (TOSC2)
XTAL1	□ 13	28	□ PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	□ 14	27	□ PC5
(TXD) PD1	□ 15	26	□ PC4
(INT0) PD2	□ 16	25	□ PC3
(INT1) PD3	□ 17	24	□ PC2
(OC1B) PD4	□ 18	23	□ PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	□ 19	22	□ PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	□ 20	21	□ PD7 (OC2)

# L'ATMEGA8535

~ 4 PORTs (A, B, C et D)

~ PORTA

→ Mesures de tension

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

# L'ATMEGA8535

ž 4 PORTs (A, B, C et D)

ž PORTA

→ Mesures de tension

ž PORTB

→ Mesure de température

(XCK/T0) PB0	□	1	40	□	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	□	2	39	□	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	□	3	38	□	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	□	4	37	□	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	□	5	36	□	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	□	6	35	□	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	□	7	34	□	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	□	8	33	□	PA7 (ADC7)
RESET	□	9	32	□	AREF
VCC	□	10	31	□	GND
GND	□	11	30	□	AVCC
XTAL2	□	12	29	□	PC7 (TOSC2)
XTAL1	□	13	28	□	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	□	14	27	□	PC5
(TXD) PD1	□	15	26	□	PC4
(INT0) PD2	□	16	25	□	PC3
(INT1) PD3	□	17	24	□	PC2
(OC1B) PD4	□	18	23	□	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	□	19	22	□	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	□	20	21	□	PD7 (OC2)

# L'ATMEGA8535

ž 4 PORTs (A, B, C et D)

ž PORTA

→ Mesures de tension

ž PORTB

→ Mesure de température

→ Bouton poussoir

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

# L'ATMEGA8535

Ž 4 PORTs (A, B, C et D)

Ž PORTA

→ Mesures de tension

Ž PORTB

→ Mesure de température

→ Bouton poussoir

Ž PORTC

→ LCD

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

# L'ATMEGA8535

Ž 4 PORTs (A, B, C et D)

Ž PORTA

→ Mesures de tension

Ž PORTB

→ Mesure de température

→ Bouton poussoir

Ž PORTC

→ LCD

Ž PORTD

→ Sorties

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

# MESURE DE LA TENSION

- ž Configuration registre :
  - Tension de référence de 2,56 V
- ž Acquisition tension

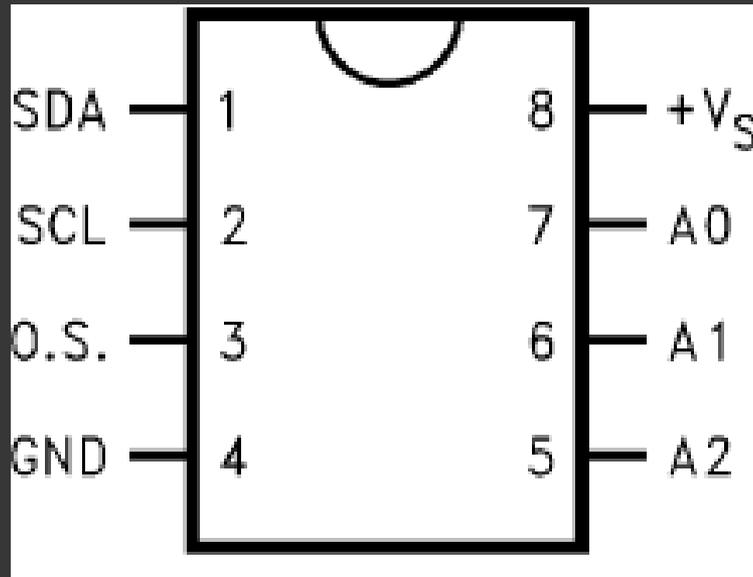
40	<input type="checkbox"/>	PA0 (ADC0)
39	<input type="checkbox"/>	PA1 (ADC1)
38	<input type="checkbox"/>	PA2 (ADC2)
37	<input type="checkbox"/>	PA3 (ADC3)
36	<input type="checkbox"/>	PA4 (ADC4)
35	<input type="checkbox"/>	PA5 (ADC5)
34	<input type="checkbox"/>	PA6 (ADC6)
33	<input type="checkbox"/>	PA7 (ADC7)

# L'I<sup>2</sup>C



- ž Inter Integrated Circuit
- ž Développé par Philips en 1980
  
- ž Bus série synchrone
- ž Communication entre circuits intégrés

# MESURE DE LA TEMPÉRATURE



- ≈ 3 bits d'adresse
- ≈ 2 bits pour l'I<sup>2</sup>C

# Conclusion

# CONCLUSION

- ž Possibilité d'optimisation
  - Diode zener
  - Led
- ž Cahier des charges respecté
  - Partie tension fonctionnelle
  - Les alertes sont bien gérées
  - Le LM75 n'a pas pu être testé

# BIBLIOGRAPHIE

- **Vincent.** *Li-ion : entretenir et optimiser sa batterie*, 2011, [En ligne]. (Page consultée le 10/02/2012) <<http://blog.mobileoo.fr/2011/06/22/technologie/comment-entretenir-et-optimiser-sa-batterie-li-ion/>>
- **National Semiconductor.** *LM75*, 2005.
- **Atmel.** *ATmega8535(L)*, 2006.
- **Thierry LEQUEU.** *La documentation de Thierry LEQUEU sur OVH*, 2012, [En ligne]. (Page consultée le 01/02/2012) <<http://www.thierry-lequeu.fr/>>
- **Aurélien Jarno.** *Le bus I<sup>2</sup>C*, 2008, [En ligne]. (Page consultée le 01/02/2012) <<http://www.aurel32.net/elec/i2c.php>>
- **PoBot.** *Les batteries Li-Ion et Li-PO*, 2011, [En ligne]. (Page consultée le 10/02/2012) <<http://www.pobot.org/Les-batteries-Li-Ion-et-Li-PO.html>>