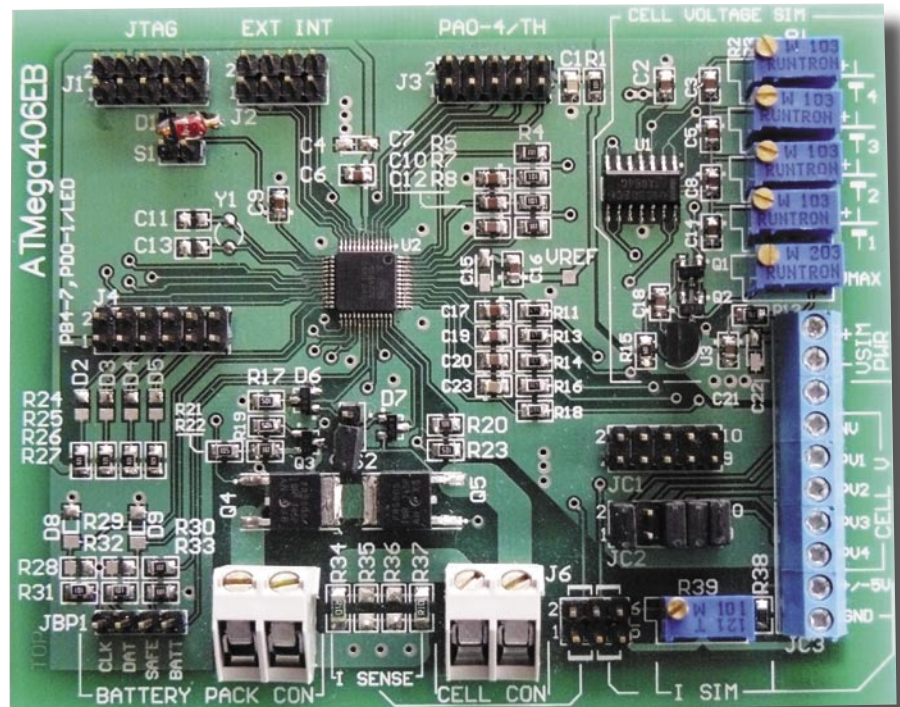


Zestaw uruchomieniowy dla ATmega406

Konstrukcja inteligentnych pakietów akumulatorów litowo-jonowych



Konstruując przenośne urządzenia elektroniczne często napotykamy problem zasilania bateryjnego. Zazwyczaj potrzebujemy wydajnego, odnawialnego a zarazem lekkiego źródła energii. Coraz częściej w wielu aplikacjach używane są akumulatory litowo-jonowe (Li-Ion) bądź litowo-jonowo-polimerowe (Li-Po), głównie ze względu na najkorzystniejszy stosunek gęstości energii do ich masy oraz spadek cen takich akumulatorów. Aby zmaksymalizować czas życia oraz zachować pełną pojemność akumulatory Li-Ion wymagają dokładnej kontroli cyklu ładowania oraz rozładowania.



AVT-5191

W ofercie AVT:
AVT-5191A – płytką drukowaną

PODSTAWOWE PARAMETRY

- | | |
|--|---|
| <p>Jednostka centralna ATmega406:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 40 K bajtów programowanej w układzie pamięci Flash, • 512 bajtów pamięci EEPROM, • 2 K bajty pamięci SRAM, • 32 rejestry ogólnego użycia, • 18 uniwersalnych linii IO • 11 wysokonapięciowych linii IO • JTAG interfejs, • dwa liczniki z wyjściem PWM, | <ul style="list-style-type: none"> • układ budzący (Wake-up timer), • układ czuwający (watch-dog timer), • interfejs dwuprzewodowy (TWI) zgodny ze specyfikacją SM-Bus, • 12 bitowy przetwornik Sigma-Delta do pomiaru napięcia i temperatury, • przetwornik Sigma-Delta wysokiej rozdzielczości do pomiaru ładunku, • wewnętrzne i zewnętrzne przerwania, • cztery tryby oszczędzania mocy. |
|--|---|

Niewłaściwe użytkowanie nie tylko skracają życie akumulatora, ale może być też niebezpieczne, gdyż w ekstremalnych warunkach akumulatory Li-Ion mogą eksplodować.

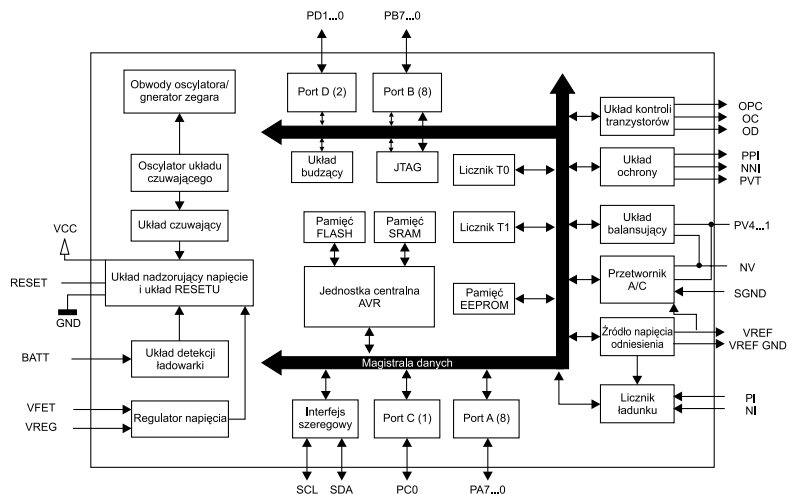
Z tego względu zostały skonstruowane inteligentne pakiety akumulatorów. Zawierają one oprócz samych akumulatorów (łączonych szeregowo-równolegle w celu uzyskania żadanego napięcia oraz wydajności prądowej) specjalizowane układy:

- układ zabezpieczający pakiet akumulatorów przed nadmiernym rozładowaniem, przeładowaniem oraz wzrostem temperatury kontrolujący tranzystory FET ładowania i rozładowania,
- układ monitorujący napięcie każdego akumulatora w pakiecie, prąd ładowania, prąd rozładowania, temperaturę pakietu i obliczający pozostały ładunek - pełniący jednocześnie rolę dodatkowego zabezpieczenia.



PROJEKTY POKREWNE wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Zestaw startowy dla mikrokontrolerów PsoC	EP 4/2006	AVT-926
Zestaw startowy dla mikrokontrolerów ST7FLITE2x	EP 7-8/2006	AVT-939
Zestaw uruchomieniowy dla procesorów 89CX051 i AVR	EP 3/2000	AVT-854
Zestaw uruchomieniowy dla procesorów rodzin AVR i 51	EP 1-2/2001	AVT-992
Mikrokomputer PECEL z procesorem AT90S8535	EdW 12/2001	AVT-2550
Płytką testowa do kursu BASCOM AVR	EdW 12/2002	AVT-3500



Rys. 1. Schemat blokowy mikrokontrolera ATmega406

Do tej pory, aby zrealizować wszystkie te zadania, potrzebne były co najmniej dwa układy scalone, a bardzo często trzy jeśli wymagane jest zapamiętywanie parametrów pakietu akumulatorów.

Mikrokontroler ATmega406

Chcąc skonstruować inteligentny pakiet akumulatorów Li-Ion natknąłem się na nowatorskie rozwiązanie firmy Atmel – ATmega406 mikrokontroler dedykowany do inteligentnych pakietów Li-Ion.

Układ ten dzięki swojej budowie pozwala zrealizować wszystkie funkcje wymagane przez nowoczesny inteligentny pakiet akumulatorów Li-Ion np. dla przenośnych komputerów.

ATmega406 jest 8-bitowym mikrokontrolerem o niskim poborze mocy opartym na rozszerzonej RISC architekturze AVR. Dzięki wykonywaniu instrukcji w jednym cyklu zegarowym ma wydajność 1 MIPS dla zegara 1 MHz.

Schemat blokowy mikrokontrolera przedstawiono na rys. 1.

Mikrokontroler zawiera:

- regulator napięcia,
- dedykowany blok zabezpieczający pakiet akumulatorów,
- zintegrowane balansujące tranzystory FET,
- wysokonapięciowe wejścia analogowe,
- jednostkę centralną z dwoma przetwornikami analog-cyfra, źródłem napięcia referencyjnego i układu pomiaru ładunku.

Regulator napięcia pracuje w szerokim zakresie napięć od 4,0 do 25 V co pozwala

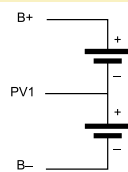
realizować różnorakie pakiety akumulatorów Li-Ion. Napięcie to jest regulowane do stałej wartości 3,3 V i zasila pozostałe bloki mikrokontrolera.

Blok zabezpieczający monitoruje napięcie, prąd ładowania/rozładowania oraz temperaturę w celu wykrycia niedozwolonych warunków i chroni pakiet akumulatorów przed przekroczeniem dozwolonych wartości kontrolowanych parametrów. Należy dodać, że blok zabezpieczający pracuje autonomicznie niezależnie od jednostki centralnej i chroni przed:

- rozładowaniem akumulatora do zbyt niskiego napięcia,
- zwarcie akumulatora,
- przekroczeniem dopuszczalnego prądu ładowania/rozładowania,
- nadmiernym wzrostem temperatury podczas ładowania/rozładowania.

Zintegrowane balansujące tranzystory FET pozwalają implementować algorytmy balansowania pojemności, a co za tym idzie napięć poszczególnych akumulatorów Li-Ion połączonych szeregowo w pakiecie co znacząco wydłuża ich żywotność.

Ze względu na koszty i problemy z zakupem dostarczanego przez producenta mi-



Rys. 2. Pakiet dwóch szeregowo połączonych akumulatorów Li-Ion

krokontrolera zestawu uruchomieniowego, postanowiłem zbudować zestaw uruchomieniowy, który umożliwi tworzenie oprogramowania oraz symulowanie zachowania pakietu akumulatorów Li-Ion. W oparciu o schematy ideowe zestawu uruchomieniowego dostarczone przez firmę Atmel zbudowałem prosty zestaw uruchomieniowy, który pozwala wkroczyć w świat inteligentnych pakietów akumulatorów Li-Ion. Umożliwia on użycie symulatora jak też rzeczywistego pakietu akumulatorów bądź pojedynczych akumulatorów Li-Ion. Należy jednak pamiętać o zachowaniu ostrożności podczas pracy z akumulatorami Li-Ion.

Zasada działania

Cały układ można podzielić na dwie główne części (rys. 3): symulator pakietu akumulatorów oraz mikrokontroler wraz z niezbędnymi do poprawnej pracy i realizacji funkcji zabezpieczających obwodami. Symulator pakietu akumulatorów składa się z dwóch części: symulatora prądu ładowania/rozładowania oraz symulatora napięcia poszczególnych akumulatorów w pakiecie – maksymalna ilość dla ATmega406 to cztery akumulatory połączone szeregowo. Ten

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R33: 10 kΩ (0805)
- R2, R3, R6, R9: potencjometr 10 kΩ 67W103
- R10: potencjometr 25 kΩ 67W253
- R4, R8, R22, R30: 1 kΩ (0805)
- R5, R7, R31, R32, R39: 100 Ω (0805)
- R11, R13, R14, R16, R18: 499 Ω (0805)
- R12: 2 kΩ (0805)
- R15: 100 kΩ (0805)
- R17, R19, R21, R23: 1 MΩ (0805)
- R20: 10 Ω (0805)
- R24...R27: 820 Ω (0805)
- R28, R29: 2,2 MΩ (0805)
- R34...R37: 0,1 Ω (1210)
- R38: 2,7 Ω (0805)

Kondensatory

- C1: 10 nF
- C2, C3, C5...C10, C12, C14, C16...C21, C23: 100 nF (0805)
- C4, C15, C22: 1 μF/10 V (SIZE_A)
- C11, C13: 10 pF (0805)

Półprzewodniki

- D1, D8, D9: BZX84C4V7 (SOD-80)
- D2...D5: LED (0805)
- D6, D7: BAT54C (SOT-23)
- Q1, Q2: BC847 (SOT-23)
- Q3: BSS84 (SOT-23)
- Q4, Q5: IRFR5505 (D-PAK)
- U1: TL074 (SO-14)
- U2: ATmega406-1AAU (LQFP-48)
- U3: LM385BZ (TO-92)

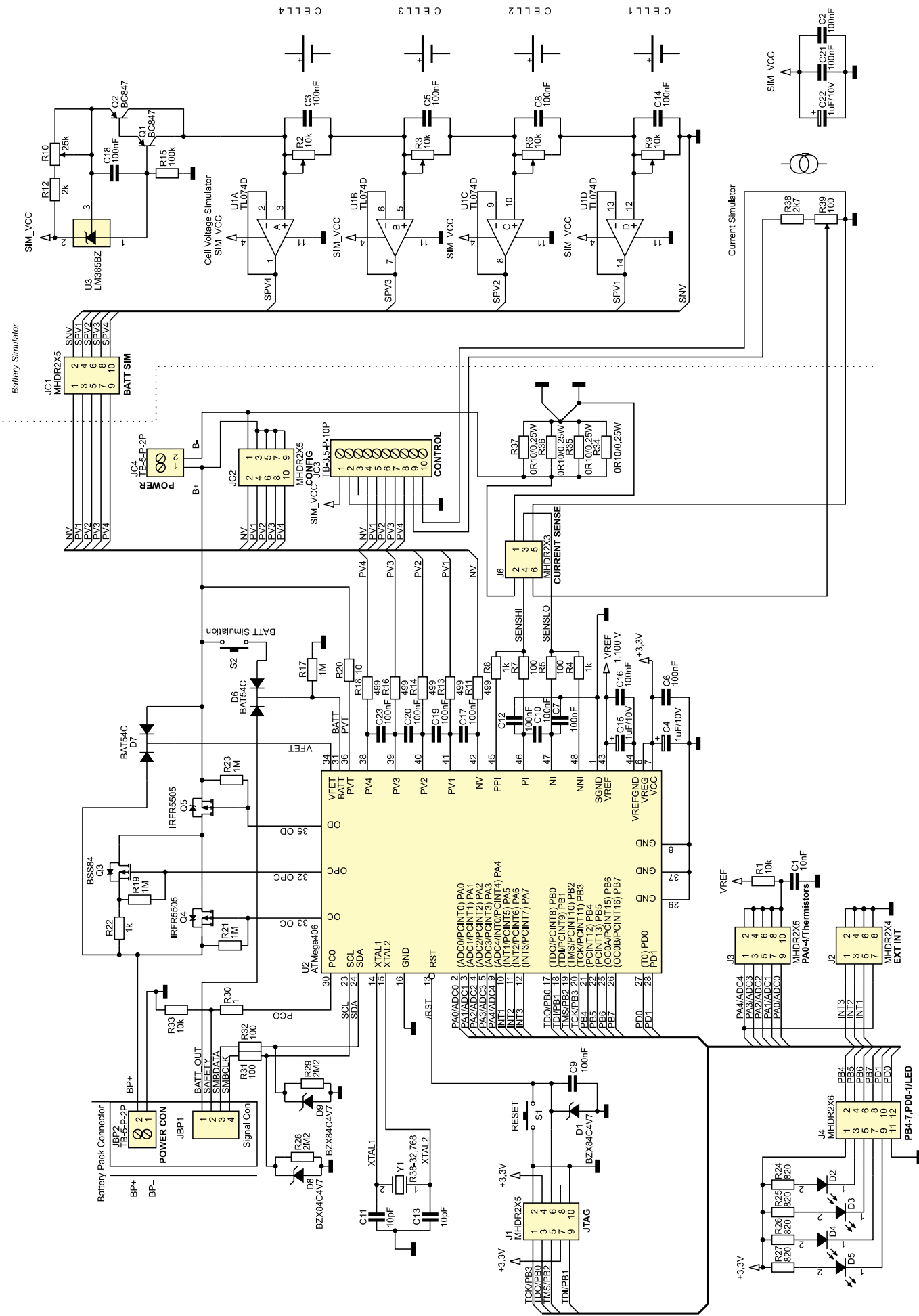
Inne

- Y1: kwarc zegarkowy 32,768 kHz
- J1...J4, J6, J1, J2: listwa dwurzędowa gold-pin
- JBP1, S1, S2: listwa jednorzędowa gold-pin
- JBP2, J4: złącze śrubowe do druku raster 5 mm
- J3: złącze śrubowe do druku raster 3,5 mm

Tab. 1. Rezystancja sygnału SAFETY

Rezystancja sygnału SAFETY, R _{ss} [Ω]	Bit statusowy ładowarki	Opis	Ładowanie kontrolowane
0 < R _{ss} < 575	RES_UR, RES_HOT	Poniżej zakresu	Dozwolone
425 < R _{ss} < 3150	RES_HOT	Gorący	Niedozwolone
2850 < R _{ss} < 31,5 k		Normalny zakres	Dozwolone
28,5 k < R _{ss} < 105 k	RES_COLD	zimny	Dozwolone
R _{ss} > 95 k	RES_OR, RES_COLD	Powyżej zakresu	Niedozwolone





Rys. 3. Schemat ideowy

pierwszy to po prostu regulowany dzielnik napięcia zasilany zewnętrznym napięciem 5 V (piny 9 i 10 złącza JC3) i dostarczający napięcie z zakresu 0...178 mV z suwaka potencjometru R39. Polaryzacja napięcia zasilającego dzielnik decyduje, czy symulujemy ładowanie czy rozładowanie. Podłączenia symulatora prądu dokonujemy poprzez założenie zworek na piny 3-5 i 4-6 złącza J6.

Symulator napięcia składa się ze źródła prądowego (U3, Q1, Q2, R12, R15, R10 i C18) zasilającego szeregowo połączone potencjometry (R2, R3, R6 i R9) pozwalające symulować napięcia poszczególnych akumulatorów w pakiecie. Napięcia te są zbuforowane przez wzmacniacz operacyjny U1 i podane na złącze JC1 – założenie zworek (1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10) umożliwi pomiar napięć z symulatora. W przypadku pracy z akumulatorami Li-Ion korzystamy ze złącz JC2, JC3 i JC4. Założymy iż mamy zgrzany pakiet dwóch szeregowo połączonych akumulatorów Li-Ion jak na schemacie z rys. 2.

Aby pracować z takim pakietem akumulatorów podłączamy B+ do pinu 1 a B- do pinu 2 złącza JC4. Wyprowadzenie PV1 łączymy z tak samo oznaczonym pinem 5 złącza JC3. Następnie zakładamy zworki łącząc piny 1-2, 5-6, 7-8, 9-10 złącza JC2 co łączy odpowiednio wejście NV mikrokontrolera z ujemnym biegunem pakietu akumulatorów B- oraz dodatni biegun z wejściami PV2, PV3 i PV4.

Jako tranzystory kontrolujące ładowanie i rozładowanie pakietu akumulatorów zastosowano tranzystory IRFR5505 (Q4 i Q5). Mikrokontroler pozwala też ładować akumulatory nadmiernie rozładowane (napięcie poniżej 2,5 V) do tego celu wykorzystano tranzystor BSS84 (Q3) – umożliwi on przeprowadzenie tzw. wstępnego ładowania prądem o wartości 1/20 pojemności akumulatora.

Komunikacja z pakietem akumulatorów odbywa się za pomocą interfejsu szeregowego zgodnego ze specyfikacją SMBUS – złącze JBP1. Na złączu tym zostały także wyprowadzone sygnały SAFETY i BATT_OUT. Sygnał SAFETY jest sygnałem o zmiennej rezystancji mówiącej ładowarce, czy akumulator może być bezpiecznie ładowany. Poniżej tabelka z wartościami rezystancji sygnału SAFE podanymi w specyfikacji inteligentnych akumulatorów.

W naszym przypadku możemy sygnalizować normalny zakres pracy oraz RES_HOT, zezwalając, bądź nie na ładowanie.

Sygnał BATT_OUT jest wejściem sygnalizującym podłączenie ładowarki – napięcie powinno być równe napięciu szeregowo połączonych akumulatorów. W celu symulowania podłączenia ładowarki dodano złącze S2 – po założeniu zworki na piny tego złącza poprzez diodę D6 doprowadzamy dodatnie napięcie akumulatorów do wejścia BATT mikrokontrolera.

Wejścia PV4, PV3, PV2, PV1, NV mikrokontrolera służą do monitorowania napięć poszczególnych akumulatorów w pakiecie oraz są połączone z wewnętrznymi tranzystorami balansującymi. Do monitorowania prądu ładowania i rozładowania służą łącznie z zewnętrznym rezystorem pomiarowym wejścia:

- PI (wejście dodatnie), NI (wejście ujemne) układu zabezpieczającego,
- PPI oraz NNI (odpowiednio dodatnie i ujemne) układu pomiaru ładunku.

W omawianym układzie uruchomieniowym jako rezystorów pomiarowych użyto równolegle połączonych czterech 5% rezystorów 0,1 Ω (R34...R37) co daje rezystancję o wartości 25 mΩ. Do tworzenia oprogramowania i poznawania mikrokontrolera jest to wystarczające, jednakże w przypadku prób z rzeczywistymi akumulatorami należy je zastąpić docelowym rezystorem do pomiaru prądu np. TL3AR022FTDG celem zapewnienia odpowiedniej dokładności pomiaru. Wyboru źródła pomiaru prądu - symulator bądź rezystory pomiarowe dokonujemy zakładając zworki odpowiednio na piny 3-5 i 4-6 lub 1-3 i 2-4 złącza J6.

Do pomiaru temperatury możemy wykorzystać wewnętrzny czujnik temperatury i/lub jedno z wejść ADC0...ADC4 wraz z zewnętrznym termistorem. Wejścia te zostały wyprowadzone na złącze J3. Dodatkowo wejście ADC4 zostało podłączone do pinu 7 złącza J2, co ułatwia podłączenie termistora do pomiaru temperatury (pomiędzy piny 7-8 złącza J2 włączamy termistor i zakładamy zworkę na piny 1-2 złącza J3).

Aby ułatwić tworzenie oprogramowania z wykorzystaniem zewnętrznych przerwań piny PA5, PA6 i PA7 zostały podłączone do złącza J2. Sygnalizacje stanu pracy możemy zrealizować wykorzystując piny PB4...PB7 oraz PD0...PD1. Złącze J4 umożliwia podłą-

czenie czterech diod świecących (D2...D5) lub wykorzystanie sygnałów do własnych potrzeb np.. sterowanie zewnętrznymi obwodów.

Pozostało nam jeszcze złącze J1 JTAG. Służy ono do programowania i debugowania ATmega406. Należy dodać, iż mikrokontroler ten wymaga zastosowania sprzętowego debugera zgodnego z AVR JTAGICE mkII.

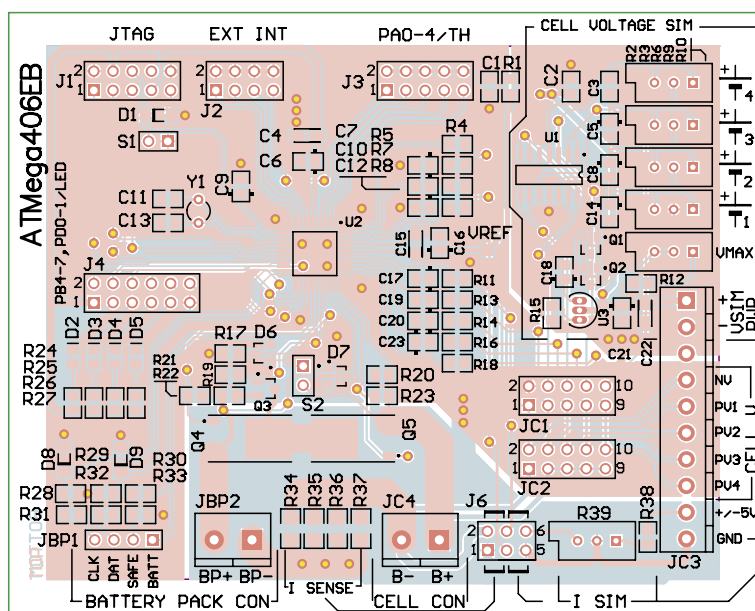
Montaż i uruchomienie

Zestaw uruchomieniowy zmontowano na dwustronnej płytce o wymiarach 100×80 mm. Rys. 4. przedstawia rozmieszczenie elementów wraz z opisem.

Opis użycia zestawu został podzielony na dwie części – praca z symulatorem napięcia i prądu oraz z rzeczywistym pakietem akumulatorów Li-Ion.

W celu praktycznego wykorzystania symulatora napięcia należy go skalibrować. Do złącza JC3 podłączamy zgodnie z oznaczeniem stabilizowane napięcie 24 VDC. Potencjometr R10 ustawiamy w prawym skrajnym położeniu, co powoduje podanie maksymalnego prądu na potencjometry symulatora. Następnie potencjometrem R9 ustawiamy napięcie 5,25 V pomiędzy sygnałami SNV i SPV1. Powtarzając powyższą regulację potencjometrami R6, R3 i R2 ustawiamy odpowiednio napięcia między SPV1 i SPV2, SPV2 i SPV3, SPV3 i SPV4. Potencjometrem R10 zmieniamy prąd zasilający symulator tak, aby osiągnąć zakładane napięcie pakietu akumulatorów. Po tym zabiegu napięcie zasilające symulator może zostać obniżone do wartości równej napięciu szeregowo połączonych akumulatorów, które chcemy symulować plus 2 V. Na przykład dla dwóch szeregowo połączonych ogniw o napięciu 4,2 V mamy $4,2 \times 2 + 2 = 10,4$ V.

Następnym krokiem jest skonfigurowanie zestawu zworkami, oczywiście przy



Rys. 4. Schemat montażowy

odłączonym napięciu zasilającym symulator. W celu symulowania pakietu dwóch szeregowo połączonych ogniw zakładamy zworki na złącze:

- JC1 łącząc piny 1-2, 3-4 oraz 5-6 podajemy napięcia z symulatora na wejścia pomiarowe przetwornika cyfrowo analogowego,
- J6 łącząc piny 3-5, 4-6 podajemy napięcie z symulatora prądu do wejść układu zabezpieczającego PI/NI oraz wejść przetwornika cyfrowo analogowego sigma delta PPI/NNI dedykowanego do precyzyjnego pomiaru prądu ładowania/rozładowania akumulatorów. Wymaga to dodatkowego stabilizowanego napięcia +5 VDC podłączonego do pinów 9, 10 złącza JC3.

Pozostaje jeszcze podłączenie dodatniego bieguna napięcia zasilającego symulator napięcia do pinu 1 złącza JC4 oznaczonego B+ w celu zasilenia mikrokontrolera – wykonujemy to przy użyciu krótkiego izolowanego przewodu. Na koniec podłączamy JTAGICE mkII do złącza J1 i włączamy napięcia zasilające. W celu „obudzenia” mikrokontrolera ze

stanu Power-Off należy zewrzeć zworką piny 1-2 złącza S2 co symuluje podłączenie ładowarki. Teraz jesteśmy gotowi, aby uruchomić AVR Studio i rozpocząć debugowanie naszego programu. Aby zresetować mikrokontroler należy zewrzeć piny złącza S1.

Podczas pracy z pakietem akumulatorów należy zachować ostrożność i nigdy nie pozostawiać układu z podłączonym pakietem akumulatorów bez nadzoru. Dobrym rozwiązaniem zwiększającym bezpieczeństwo podczas testowania oprogramowania jest włączenie w szereg z akumulatorami bezpiecznika typu poly-switch np. LR4-600F dedykowanego do zabezpieczania pakietów akumulatorów Li-Ion.

Założmy, iż mamy pakiet dwóch szeregowo zgrzanych akumulatorów Li-Ion typu LIC18650, są to bardzo popularne ogniwa stosowane w bateriach do laptopów.

Przed podłączeniem pakietu akumulatorów konfigurujemy zestaw zakładając zworki łączące piny 1-2, 5-6, 7-8,9-10 złącza JC2 oraz 1-3 i 2-4 złącza J6. Dzięki temu będziemy mie-

rzyć napięcia każdego akumulatora w pakiecie oraz prąd ładowania/rozładowania.

Podłączenia akumulatorów dokonujemy zgodnie z podanym wcześniej opisem: dodatni biegun pakietu podłączamy do pinu nr 1 złącza JC4 oznaczonego jako B+, ujemny do pinu nr 2 oznaczonego B-. Środkowe wyprowadzenie pakietu umożliwiające monitorowanie napięcia poszczególnych akumulatorów pakietu do pinu nr 5 złącza JC3 oznaczonego PV1. Teraz podłączamy JTAGICE mkII do złącza J1 i zmieniamy stan mikrokontrolera z Power-Off na Active i umożliwi debugowanie programów.

Z wykorzystaniem przedstawionego zestawu uruchomieniowego oraz JTAG ICE mkII tworzone jest oprogramowanie do obsługi inteligentnego pakietu akumulatorów Li-Ion. W przypadku zainteresowania ze strony czytelników będzie możliwe opublikowanie przykładów obsługi poszczególnych bloków mikrokontrolera.

Robert Ciołczyk
robert_ciolczyk@o2.pl

R E K L A M A

K O N K U R S

WIĘCEJ ŚWIATŁA

Diody superluminescencyjne mają tak intensywne światło i są tak tanie (w ofercie www.sklep.avt.pl), że każdemu elektronikowi serce się rwie żeby coś fajnego z nimi zrobić, np. światła dyskotekowe, podświetlenia, dekoracje, reklamy świetlne, światła ostrzegawcze itd. I Ty powinieneś coś zrobić. Włącz się. Weź udział w nieustającym konkursie WIĘCEJ ŚWIATŁA. Zrób zdjęcia uzyskanych efektów świetlnych i zamieść je na specjalnej stronie konkursowej (wiecejswiatla.ep.com.pl). Opisy i schematy układów prześlij pod adresem redakcji redakcja@ep.com.pl.

NAGRODY: za materiał zdjęciowy umieszczony na wiecejswiatla.ep.com.pl dostaniesz darmową prenumeratę 2 numerów EP (prenumeratom przedłużamy ich prenumeratę o 2 gratisowe numery). Opisy i schematy układów mają szansę publikacji na łamach EP – honorarium 250 zł/stronę.