

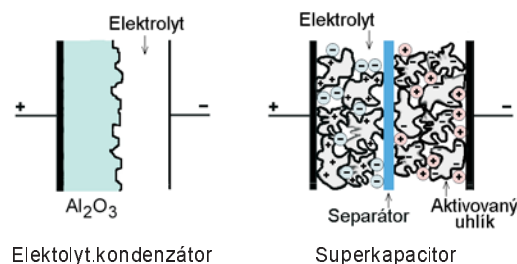
### Superkapacitory

řada	kapacita	napětí	vnitřní odpor	vybíjecí proud	uložená energie	životnost	hmotnost	prac. teplota
	F	V	mΩ	A	Wh	cyklů	kg	°C
PC	2 ~ 10	2.5 ~ 5	13 ~ 400	1 ~ 25		500 000	0.004 ~ 0.04	-40 ~ +70
BC	120~350	2.5	2.2 ~ 7.2	500 ~ 1500	0.1 ~ 0.3	500 000	0.03 ~ 0.06	-40 ~ +65
BCAP	650 ~ 3000	2.7	0.3 ~ 1.2	3500 ~ 4800	0.66 ~ 3.0	1 000 000	0.20 ~ 0.55	-40 ~ +65
BPAK	20 ~ 58	15	14 ~ 42	1500	0.6 ~ 1.8	500 000	0.23 ~ 0.68	-40 ~ +65
BMOD	110 ~ 500	16.2	2 ~ 7	3500 ~ 4800	4 ~ 18	1 000 000	2.7 ~ 5.8	-40 ~ +65
BMOD	83 ~ 165	48.6	6 ~ 16	3900 ~ 4800	27 ~ 54	1 000 000	11.0 ~ 14.2	-40 ~ +65

### Parametry a zásady používání superkapacitorů

#### 1. Princip funkce a konstrukce superkapacitorů.

Kapacita kondenzátoru je přímo úměrná ploše elektrod a nepřímo úměrná vzdálenosti elektrod (nábojů). Elektrody superkapacitoru tvoří práškový uhlík, nanesený na hliníkové fólii. Zrna uhlíkového prášku mají plochu až 2000 m<sup>2</sup> na 1 gram prášku. Dvě elektrody jsou odděleny separační fólií z polypropylenu, prostor mezi elektrodami je vyplněn tekutým elektrolytem. Velká plocha elektrody a velmi malá vzdálenost jednotlivých zrn uhlíku (řádu 10<sup>-10</sup>m) vytváří kapacitu řádu Faradů. Vzdálenost uhlíkových zrn zároveň omezuje provozní napětí kondenzátoru na hodnotu cca 2.5V. Výsledkem je polarizovaný kondenzátor s velmi velkou kapacitou a velmi malým sériovým odporem, vhodný pro ukládání a rychlé dodávání elektrické energie.



#### 2. Elektrické parametry superkapacitorů.

Elektrické parametry superkapacitorů jsou srovnatelné s parametry elektrochemických zdrojů (baterie, akumulátory). Energie uložená v superkapacitoru je řádově 10 krát vyšší než v běžném kondenzátoru. Malá hodnota vnitřního odporu umožňuje rychlé vybití, špičkový výkon dodaný superkapacitorem dosahuje hodnot řádu kW na 1 kg hmotnosti superkapacitoru.

parametr	akumulátor	klasický kondenzátor	superkapacitor
hustota energie	100 Wh / kg	0.2 Wh / kg	10 Wh / kg
měrný výkon	1kW / kg	500 kW / kg	10 kW / kg
doba nabíjení (vybíjení)	5 h	0.001 s	10 s
životnost	1000 cyklů	1 000 000 cyklů	1 000 000 cyklů

#### 3. Životnost a provozní podmínky.

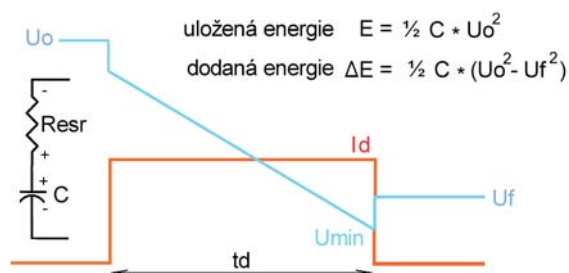
Životnosti superkapacitoru je definována počtem cyklů nabití a vybití při teplotě okolí 25°C. Po každém cyklu se nevratně snižuje kapacita C a zvyšuje sériový odpor Resr. Doba života superkapacitoru je definována poklesem kapacity na 80% jmenovité hodnoty nebo zvýšením sériového odporu na dvojnásobek jmenovité hodnoty. Životnost superkapacitorů MAXWELL je nejméně 500 000 cyklů, superkapacitory řady BCAP mají životnost 1 000 000 cyklů.

Při opakovaném vybití a nabíjení s periodou cca 10s se teplota superkapacitoru zvýší cca o 15°C. Při návrhu aplikace se superkapacitorem se doporučuje měření oteplení superkapacitoru aby se zabránilo přehřátí elektrolytu, jehož bod varu je 83°C.

Supercapacitor nesmí být rozebírán, mechanicky poškozován, vhažován do otevřeného ohně, vystavován teplotám vyšším než 85°C. Únik látek, které superkapacitor obsahuje (acetonitril, CH<sub>3</sub>CN), může být za určitých podmínek nebezpečný.

#### 4. Doporučený postup při měření elektrických parametrů superkapacitoru.

Supercapacitor nabitý na jmenovité napětí je vybitý konstantním proudem na hodnotu, při které zdroj i zátěž zaručují konstantní vybíjecí proud. Ihned po dosažení minimálního napětí na superkapacitoru musí být odpojena zátěž aby napětí na superkapacitoru se mohlo vrátit na hodnotu měřenou v nezátěženém stavu. Vybití superkapacitoru může být zastaveno na jakémkoliv napětí. Maxwell testuje některé superkapacitory vybitím na napětí 0.1V a jiné na napětí rovné polovině počátečního napětí



U<sub>o</sub> - počáteční napětí na superkapacitoru  
 U<sub>min</sub> - minimální napětí na superkapacitoru s připojenou zátěží  
 U<sub>f</sub> - napětí na superkapacitoru 5 sekund po odpojení zátěže  
 I<sub>d</sub> - vybíjecí proud  
 t<sub>d</sub> - čas vybití superkapacitoru z napětí U<sub>o</sub> na napětí U<sub>f</sub>

Výpočet kapacity  
 $C = (I_d \cdot t_d) / (U_o - U_f)$

Ekvivalentní stejnosměrný sériový odpor  
 $Resr = (U_f - U_{min}) / I_d$

## 5. Energetická bilance superkapacitoru.

Ze známých fyzikálních rovnic je možno vypočítat potřebnou kapacitu pro požadovaný výkon. Pro superkapacitory MAXWELL je možné s výhodou využít model, dostupný na

[www.maxwell.com/ultracapacitors/support/modeling-informations](http://www.maxwell.com/ultracapacitors/support/modeling-informations)

Po zadání hodnot napětí  $U_0$  a  $U_f$ , požadovaného proudu  $I_d$  a času dodávky proudu  $t_d$  model vypočítá nejuvhodnější řešení. Výsledek je sdělen jako počet sériově - paralelního zapojení superkapacitorů MAXWELL.

## 6. Propojování superkapacitorů.

Propojování superkapacitorů má obdobné zásady jako propojování všech zdrojů velkých proudů, např. akumulátorů. Je tedy nutné dbát na malý elektrický odpor všech vodivých spojení a mechanickou pevnost spojů odolávající mechanickým otřesům a tepelné roztažnosti.



## 7. Vyrovnání napětí na superkapacitorech zapojených v sérii

Na superkapacitorech zapojených do baterie (do série) se napětí rozdělí podle velikosti kapacity jednotlivých článků. Po delší době je napětí na jednotlivých člancích ovlivněno zbytkovým proudem každého z článků.

Předpokládejme baterii 20 superkapacitorů nabitou na 50V. Pokud články mají shodnou kapacitu, bude každý článek nabitý na 2.5V. Jestliže články mají různou kapacitu, články s vyšší kapacitou budou nabity na nižší napětí a články s nižší kapacitou na vyšší napětí. Průměrné napětí na člancích bude 2.5V.

Každý z článků se samovolně vybíjí přes vnitřní "paralelní odpor" zbytkovým proudem. Po nějakém čase články s vyšším zbytkovým proudem budou mít nižší napětí a naopak. Celkové napětí se přerozdělí na ostatní články a v důsledku toho může napětí na člancích s nižším zbytkovým proudem přesáhnout dovolené pracovní napětí.

K vyrovnání napětí na jednotlivých člancích je možné připojit paralelně ke každému článku rezistor, jímž musí protékat proud několikrát vyšší než je zbytkový proud článku. Jestliže průměrný zbytkový proud článků je  $10\mu A \pm 3\mu A$ , je třeba zapojit rezistor s tolerancí 1%, kterým poteče proud  $100\mu A$ . Průměrný zbytkový proud pak bude  $110mA \pm 4mA$ , rozdíl se tak sníží z původních 30% na 3.6%.

Zapojení řetězce rezistorů k sériově spojeným superkapacitorům je metodou pasivní. Vyrovnání napětí při výše popsaném poměru zbytkových proudů (poměr 10 : 1) může trvat až několik dní, při poměru 100 : 1 pak několik hodin. Pro použití baterie superkapacitorů v režimu cyklů s krátkou periodou je doporučena aktivní metoda, při které jsou k baterii připojeny spínače s proměnným odporem, jehož velikost je řízena skutečným napětím na člancích.

## 5. Použití superkapacitorů.

### 5.1. Uložení energie a její využití při špičkovém odběru.

Superkapacitor je trvale dobíjen z primárního zdroje a vybíjen při krátkodobých požadavcích na dodávku energie (záběrový proud elektromotoru) nebo při výpadku primárního zdroje (záložní zdroj).

### 5.2. Výkonové aplikace

Superkapacitor je opakovaně a v krátkých intervalech nabíjen a vybíjen. Superkapacitor je schopen odevzdat špičkový výkon s vysokou účinností (hybridní pohony, měniče energie).

#### Použité zkratky :

C	- kapacita (F)
$U_n$	- jmenovité napětí (V)
Resr	- počáteční stejnosměrný vnitřní odpor ( $m\Omega$ )
Rd	- vnitřní odpor ( $m\Omega$ ) při 100Hz
$I_n$	- jmenovitý proud (A), vybíjení po dobu 5s na $U/2$
$I_{sc}$	- zkratový proud (A) při $U_n$
IL	- zbytkový proud (mA), 72 hodin po nabití
$E_{max}$	- uložená energie (Wh / kg)
P	- špičkový výkon dodaný do zátěže (kW / kg)
$P_d$	- $P_d = (0.12 * U^2 / R_d) / M$ (M-hmotnost)

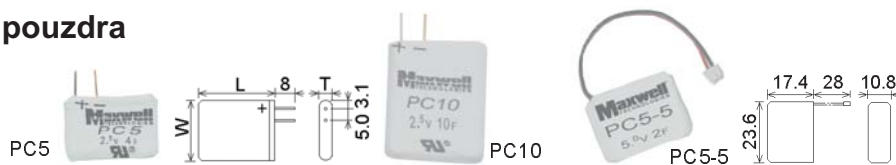
#### Objednací názvy :

<b>BCAP 3000 E 270 T04 - A01</b>		verze
řada	kapacita (F)	T03 = vývody axiální, pájitelné
BCAP		T04 = vývody šroubové
BMOD	aplikace	T05 = vývody pro sváření
BPAK	E - energie	
	P - výkon	B01 = vyrovnání aktivní
	jm.napětí	B02 = vyrovnání pasivní
		B03 = bez vyrovnání

## PC

### Superkapacitory, malá pouzdra

**Jmenovité napětí Un** 2.5 Vdc, 5 Vdc  
**Jmenovitá kapacita C** 2F, 4F, 10F ±20%  
**Doba života** 500 000 cyklů  
**Pracovní teplota** -40 až +70 °C



obj.název	obj.č.	C	Un	Resr	Isc	Emax	Pd	IL	L	W	T	hmotnost
		F	V	mΩ	A	Wh/kg	W/kg	mA	mm	mm	mm	g
■ PC 5 AT-1	55010	4	2.5	400	8	2.7	470	0.02	14.0	23.6	4.8	4.0
■ PC 5-5	00267	2	5.0	800	8	2.7	120	0.02	17.4	23.6	10.8	8.0
■ PC 10 AT-1	02934	10	2.5	180	19	6.9	660	0.04	29.6	23.6	4.8	6.3

## BC

### Superkapacitory, pouzdra s vývody

**Jmenovité napětí Un** 2.5 Vdc  
**Jmenovitá kapacita C** 120F, 140F, 310F, 350F±20%  
**Doba života** 500 000 cyklů  
**Pracovní teplota** -40 až +65 °C

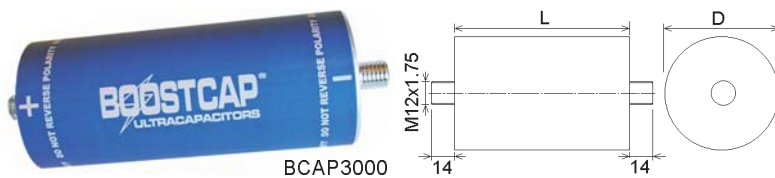


obj.název	obj.č.	C	Un	Resr	Isc	Emax	P	Pd	IL	L	D	hmotnost
		F	V	mΩ	A	Wh/kg	kW/kg	kW/kg	mA	mm	mm	g
BCAP 0120 P250 T03-A01	02661	120	2.5	5.0	500	3.59	21.5	5.1	0.15	51.0	26.0	29
BCAP 0140 E250 T03-A01	03138	140	2.5	7.2	500	4.19	14.9	3.5	0.10	51.0	26.0	29
BCAP 0310 P250 T03-A01		310	2.5	2.2	1500	4.48	26.0	5.6	0.45	62.0	33.0	60
BCAP 0350 E250 T03-A01	55126	350	2.5	3.2	1500	5.10	16.3	3.9	1	61.5	33.0	60

## BCAP

### Superkapacitory 2.7V

**Jmenovité napětí Un** 2.7 Vdc  
**Jmenovitá kapacita C** 650Faž 3000F +20%  
**Doba života** 1 000 000 cyklů  
**Pracovní teplota** -40 až +65 °C



obj.název	obj.č.	C	Un	Resr	Isc	Emax	P	Pd	IL	L	D	hmotnost
		F	V	mΩ	A	Wh/kg	kW/kg	kW/kg	mA	mm	mm	g
BCAP 0650 P270 T04-A01		650	2.7	0.80	3500	3.29	15.1	5.4	1.5	44.5	60.0	200
BCAP 0650 E270 T04-A01	02750	650	2.7	1.15	3500	3.29	11.3	3.8	1.5	44.5	60.0	200
BCAP 1200 P270 T04-A01	03492	1200	2.7	0.58	3750	4.05	13.8	5.0	2.7	74.0	60.0	300
BCAP 1200 E270 T04-A01	02751	1200	2.7	0.79	3750	4.05	10.8	3.6	2.7	74.0	60.0	300
BCAP 1500 P270 T04-A01		1500	2.7	0.47	3900	4.75	16.2	5.8	3.0	85.0	60.0	320
BCAP 1500 E270 T04-A01	02752	1500	2.7	0.63	3900	4.75	13.2	4.3	3.0	85.0	60.0	320
BCAP 2000 P270 T04-A01		2000	2.7	0.35	4300	5.06	17.5	6.2	4.2	102.0	60.0	400
BCAP 2000 E270 T04-A01	02753	2000	2.7	0.46	4300	5.06	13.0	4.7	4.2	102.0	60.0	400
# BCAP 2600 E270 T04-A01	54998	2600	2.7	0.40	4800	5.72	12.0	4.7	5.2	138.0	57.7	460
BCAP 3000 P270 T04-A01	02407	3000	2.7	0.29	4800	5.72	13.8	5.4	5.2	138.0	60.0	550
BCAP 3000 E270 T04-A01	02754	3000	2.7	0.37	4800	5.52	11.0	4.2	5.2	138.0	60.0	550

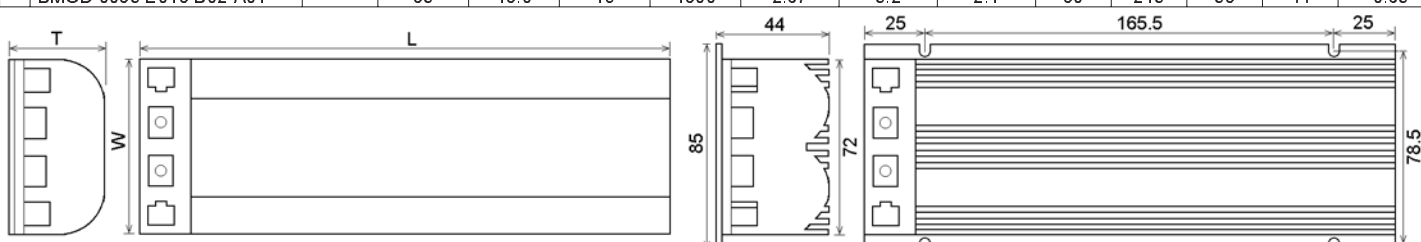
## BPAK

### Bloky superkapacitorů 15V

**Jmenovité napětí Un** 15 Vdc  
**Jmenovitá kapacita C** 20F, 23F, 52F, 58F ±20%  
**Doba života** 500 000 cyklů  
**Pracovní teplota** -40 až +65 °C



obj.název	obj.č.	C	Un	Resr	Isc	Emax	P	Pd	IL	L	W	T	hmotnost
		F	V	mΩ	A	Wh/kg	kW/kg	kW/kg	mA	mm	mm	mm	kg
BPAK 0020 P015 B01-A01	02755	20	15.0	32	1500	2.72	13.6	3.7	0.1	178	52	32	0.23
BPAK 0020 P015 B02-A01		20	15.0	32	1500	2.72	13.6	3.7	1	178	52	32	0.23
BPAK 0023 E015 B01-A01	02756	23	15.0	42	1500	3.13	10.2	2.8	0.1	178	52	32	0.23
BPAK 0023 E015 B02-A01		23	15.0	42	1500	3.13	10.2	2.8	1	178	52	32	0.23
BPAK 0052 P015 B01-A01		52	15.0	14.5	1500	3.25	14.0	3.7	1	216	69	38	0.50
BPAK 0052 P015 B02-A01		52	15.0	14.5	1500	3.25	14.0	3.7	50	216	69	38	0.50
BPAK 0058 E015 B01-A01	55125	58	15.0	19	1500	3.63	11.2	2.8	1	216	69	38	0.50
BPAK 0058 E015 B02-A01	56010	58	15.0	19	1500	3.63	11.2	2.8	50	216	69	38	0.50
BMOD 0052 P015 B01-A01		52	15.0	14.5	1500	2.39	10.3	2.7	1	218	85	44	0.68
BMOD 0052 P015 B02-A01		52	15.0	14.5	1500	2.39	10.3	2.7	50	218	85	44	0.68
BMOD 0058 E015 B01-A01	02502	58	15.0	19	1500	2.67	8.2	2.1	1	218	85	44	0.68
BMOD 0058 E015 B02-A01		58	15.0	19	1500	2.67	8.2	2.1	50	218	85	44	0.68



■ součástka se doplňuje na sklad

# součástka na skladě, výprodej

Dodací podmínky neoznačených součástek sdělíme na požádání

# SUPERKAPACITORY

## BMOD

### Bloky superkapacitorů 16.2 V

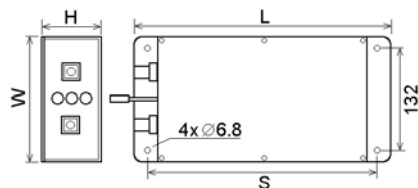
Jmenovité napětí  $U_n$  16.2 Vdc  
 Jmenovitá kapacita  $C$  110F, 200F, 250F, 330F, 500F +20%  
 Doba života 1 000 000 cyklů  
 Pracovní teplota -40 až +65 °C



BMOD 0500 E016

obj.název	obj.č.	C	$U_n$	Resr	Isc	Emax	P	Pd	IL	L	W	H	hmotnost
		F	V	mΩ	A	Wh/kg	kW/kg	kW/kg	mA	mm	mm	mm	kg
BMOD 0110 P016 B01-A01	03452	110	16.2	5.0	3500	1.49	6.0	2.3	1.5	250	165	80	2.7
BMOD 0110 E016 B01-A01	13095	110	16.2	7.0	3500	1.49	4.3	1.6	1.5	250	165	80	2.7
BMOD 0200 P016 B01-A01		200	16.2	3.8	3750	1.62	4.7	1.8	2.7	340	165	80	4.5
BMOD 0200 E016 B01-A01		200	16.2	5.0	3750	1.62	3.6	1.3	2.7	340	165	80	4.5
BMOD 0250 P016 B01-A01		250	16.2	4.1	3900	2.05	4.4	1.7	3.0	416	108	70	4.5
BMOD 0250 E016 B01-A01		250	16.2	5.3	3900	2.05	3.5	1.3	3.0	416	108	70	4.5
BMOD 0330 P016 B01-A01		330	16.2	3.1	4300	2.45	5.3	2.0	4.2	416	124	70	4.9
BMOD 0330 E016 B01-A01		330	16.2	4.0	4300	2.45	4.1	1.6	4.2	416	124	70	4.9
BMOD 0500 P016 B01-A01	03454	500	16.2	2.0	4800	3.17	6.7	2.7	5.2	416	160	70	5.8
BMOD 0500 E016 B01-A01		500	16.2	2.5	4800	3.17	5.4	2.1	5.2	416	160	70	5.8

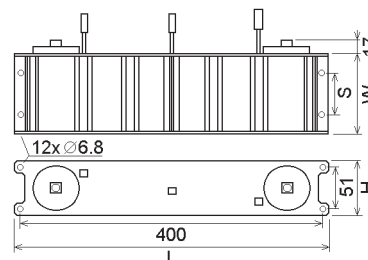
BMOD 0110 a BMOD 0200



BMOD 0250

BMOD 0330

BMOD 0500

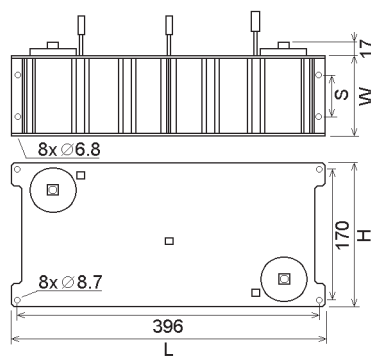


## BMOD

### Bloky superkapacitorů 48.6 V

Jmenovité napětí  $U_n$  48.6 Vdc  
 Jmenovitá kapacita  $C$  83F, 110F, 165F +20%  
 Doba života 1 000 000 cyklů  
 Pracovní teplota -40 až +65 °C

obj.název	obj.č.	C	$U_n$	Resr	Isc	Emax	P	Pd	IL	L	W	H	hmotnost
		F	V	mΩ	A	Wh/kg	kW/kg	kW/kg	mA	mm	mm	mm	kg
BMOD 0083 P048 B01-A01		83	48.6	12.3	3900	2.48	5.4	2.0	3.0	416	108	190	11.0
BMOD 0083 E048 B01-A01		83	48.6	16.0	3900	2.48	4.1	1.6	3.0	416	108	190	11.0
BMOD 0110 P048 B01-A01		110	48.6	9.5	4300	2.91	6.2	2.4	4.2	416	124	190	12.4
BMOD 0110 E048 B01-A01		110	48.6	12.0	4300	2.91	4.9	1.9	4.2	416	124	190	12.4
BMOD 0165 P048 B01-A01	03453	165	48.6	6.1	4800	3.81	7.9	3.2	5.2	416	160	190	14.2
BMOD 0165 E048 B01-A01	03451	165	48.6	7.6	4800	3.81	6.6	2.6	5.2	416	160	190	14.2



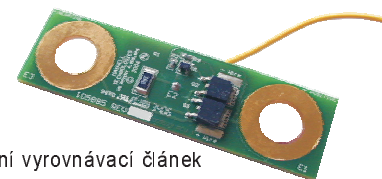
BMOD 0165 E048

## BALANCING KIT

### Kit pro sériové spojení superkapacitorů BCAP

**Kit obsahuje**  
 hliníková propojovací deska 6 ks  
 aktivní vyrovnávací články 6 ks  
 matice M12x1.75 14 ks  
 podložka M12 14 ks

**Kit umožňuje sériové propojení až 7 ks superkapacitorů řady BCAP**



aktivní vyrovnávací články  
 rozměr 86.4 x 25.4 mm

obj.název	obj.č.	POPIS
BALANCING KIT	04457	sada propojovacích a aktivních vyrovnávacích článků pro sériové propojení až 7ks superkapacitorů průměru 60mm