

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

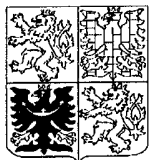
zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

1023-97

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **04. 10. 95**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **12. 11. 97**
(Věstník č. 11/97)

(86) PCT číslo: **PCT/US95/13139**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 96/10858**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

H 02 J 7/04

(71) Přihlašovatel:

DURACELL INC., Needham, MA, US;

(72) Původce:

Hull Matthew P., Jamestown, RI, US;
Taylor Alwyn H., Wellesley Hills, MA, US;
Hruska Louis W., Northboro, MA, US;
Friel Daniel D., Woburn, MA, US;

(74) Zástupce:

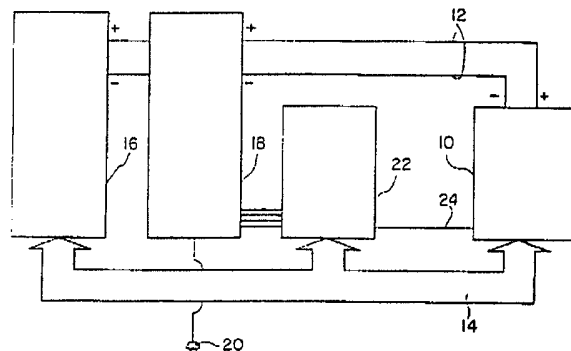
Švorčík Otakar JUDr., Hálkova 2, Praha 2,
12000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Algoritmus inteligentní baterie pro hlášení parametrů této baterie do vnějšího zařízení

(57) Anotace:

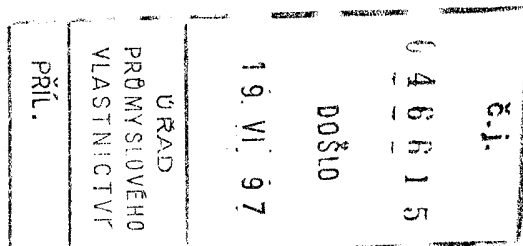
Inteligentní baterie (10), která zajišťuje elektrickou energii a která hlásí předem určené parametry baterie vnějšímu zařízení (16), které má systém řízení příkonu včetně: alespoň jednoho článku s možností znovunabíjení, připojeného na pár svorek pro zajištění elektrické energie pro vnější zařízení (16) během vybíjecího modu a pro příjem elektrické energie během nabíjecího modu, což je zajišťováno nebo určováno vzdáleným zařízením; datové sběrnice (14) pro hlášení předem určených identifikačních a nabíjecích parametrů baterie (10) do vnějšího zařízení (16) analogového signálu, reprezentujícího teplotu (24) baterie (10) v článku; hybridního integrovaného obvodu s mikroprocesorem pro příjem analogových signálů a jejich konverzi na digitální signály, reprezentující napětí, proud a teplotu (24) baterie (10) a pro výpočet okamžitých nabíjecích parametrů v čase z digitálních signálů.



CZ 1023-97 A3

Algoritmus Inteligentní baterie pro hlášení parametrů této baterie do vnějšího zařízení

Oblast techniky



Předkládaný vynález se týká obecně oblasti baterií se schopností znovunabíjení, zejména pak inteligentních baterií pro použití v inteligentních zařízeních, která mají schopnosti hospodaření s energií. Vynález tedy zahrnuje zařízení a způsob pro řízení činnosti inteligentních baterií nikl-kov-hyrid nebo niklkadmiových baterií s možností znovunabíjení a podobně, který umožňuje inteligentní baterii hlásit přesné informace inteligentnímu zařízení za účelem hospodaření s energií a řízení nabíjení v závislosti na stavu nabití baterie a chemickém složení.

Dosavadní stav techniky

Příchod inteligentních přenosných elektronických zařízení jako jsou počítače typu notebook, videokamery, buňkové telefony, umožnilo rozvoj inteligentních baterií se schopností znovunabíjení, které mohou komunikovat s inteligentním zařízením za účelem poskytnutí přesné informace o současném stavu nabití baterie a zjištění, jak nejlépe znovu nabít baterii za účelem dosažení její maximální životnosti a tak umožnit nejvyšší počet cyklů nabíjení-vybíjení. Uživatel inteligentních přenosných zařízení, používajících takovéto inteligentní baterie, bude vědět nejen jak velký náboj v baterii zbývá, ale i dobu používání baterie při různých hodnotách odběru. To uživateli umožňuje vybrat mód činnosti, který umožní maximální životnost při zbývajícím náboji a zjistit jak dlouho bude zařízení pokračovat v činnosti.

Dosud známé jednotky baterií se schopností znovunabíjení jsou vybaveny prostředky pro generování požadovaných informací uživatelům, zahrnujícími například přístroj pro kontrolu náboje a měřič paliva, tak, jak je popsáno v US patentu č. 5,315,228, kde je uveden způsob výpočtu stavu nabití a hlášení doby do vybití hostitelskému počítačovému systému.

Je tedy zapotřebí napájecí jednotka se schopností znovunabíjení, která bude přesně udržovat informaci o stavu svého nabití i když bude nominálně plně vybita, takže uživatel bude mít okamžitý přístup k této informaci. Kromě toho je zapotřebí inteligentní baterie se schopností znovunabíjení, která může uživateli zajistit přesnou předpověď o svém zbývajícím pracovním čase při různých úrovních odběru. Uživatel takového inteligentního zařízení, jako je například přenosný počítač, takto může zvolit vypnutí napájení mechaniky pevného disku, aby rozšířil činnost přenosného zařízení na delší časovou periodu, než by bylo možné při větší hodnotě odběru.

V souladu s tím se předkládaný vynález týká inteligentní baterie pro použití v hostitelském počítači, který bude optimalizovat výkon inteligentní baterie se schopností znovunabíjení po celou dobu jejího životního cyklu.

Tento vynález se také týká způsobu řízení baterie se schopností znovunabíjení řízené mikroprocesorem, který provádí výpočty kapacity baterie za účelem sdělení do hostitelského počítačového zařízení nebo nabíjecího zařízení inteligentní baterie, způsobu řízení baterie se schopností znovunabíjení řízené mikroprocesorem, který poskytuje inteligenci ve formě současného stavu nabití a nabíjecích parametrů baterie hostitelskému zařízení za účelem komunikace s inteligentní nabíječkou, způsobu řízení baterie se schopností znovunabíjení řízené mikroprocesorem, který vypočítává předpovědní údaje jako je životnost baterie při současné intenzitě

vybíjení a alternativních intenzitách vybíjení, způsobu řízení baterie se schopností znovunabíjení řízené mikroprocesorem, který přenáší konkrétní údaje jako identifikační data baterie, teplotu, napětí, nabíjecí a vybíjecí proud a současný stav nabití hostitelskému počítačovému zařízení nebo nabíjecímu zařízení inteligentní baterie, způsobu řízení baterie se schopností znovunabíjení řízené mikroprocesorem, který bude sdělovat potenciální problémy a potenciálně nebezpečné podmínky ve formě varování a poplachů hostitelskému zařízení nebo nabíjecímu zařízení baterie a následně uživateli tohoto zařízení, a způsobu řízení baterie se schopností znovunabíjení řízené mikroprocesorem, který monitoruje provozní parametry baterie jako je napětí, proud a teplota, čímž se umožní buď rychlé nebo optimální nabíjení z jakéhokoli stavu nabití.

Podstata vynálezu

Podstatou vynálezu je inteligentní baterie, která poskytuje elektrickou energii a která hlásí předem definované parametry baterie vnějšímu zařízení, které má systém hospodaření s energií, kde baterie obsahuje:

a) nejméně jeden článek se schopností znovunabíjení spojený s párem svorek za účelem dodávání elektrické energie vnějšímu zařízení v průběhu vybíjecího módu a přijímání elektrické energie během nabíjecího módu, jak je zabezpečeno nebo určeno uvedeným vnějším zařízením,

b) datovou sběrnici pro hlášení předem určené identifikace baterie a nabíjecích parametrů k tomuto vnějšímu zařízení,

c) analogový prostředek pro generaci analogových signálů reprezentujících napětí a proud baterie na uvedených svorkách a

analogového signálu reprezentujícího teplotu baterie v uvedeném článku,

d) hybridní integrovaný obvod (IC), který má mikroprocesor pro příjem analogových signálů a jejich převedení na číslicové signály reprezentující napětí, proud a teplotu baterie a pro výpočet skutečných průběžných nabíjecích parametrů z těchto číslicových signálů, kde tyto výpočty zahrnují jeden výpočet podle následujícího algoritmu:

$$CAP_{rem} = CAP_{FC} - \sum I_d \Delta t_d - \sum I_s \Delta t + \sum \varepsilon_c I_c \Delta t_c,$$

kde ε_c je funkce proudu a teploty baterie a I_s je funkce teploty baterie a CAP_{FC} ,

e) paměť dat definovanou v uvedeném hybridním integrovaném obvodu pro ukládání zmíněné předem určené identifikace baterie a skutečných nabíjecích parametrů, i když je nominálně zcela vybita, kde tyto nabíjecí parametry obsahují nejméně kapacitu při plném nabití a zbývající kapacitu, a

f) řídicí jednotku sběrnice definovanou uvnitř řečeného hybridního integrovaného obvodu za účelem posílání zpráv baterie k vnějšímu zařízení přes datovou sběrnici, kde tyto zprávy zahrnují předem definovanou identifikaci baterie a skutečné nabíjecí parametry.

K této rovnici je přidána resetovací logika, která bude vysvětlena níže, která sama koriguje hodnotu CAP_{FC} výpočtem kapacity při každém úplném nabití (EOC) a každém konci úplného vybití.

Předkládaný vynález je tedy zaměřen na způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení a na hlášení předem určených parametrů baterie vnějšímu zařízení, které má systém hospodaření s

energií a které získává energii z této baterie a dodává energii do této baterie. Tento způsob zahrnuje:

a) generaci analogových signálů reprezentujících napětí a proud baterie na vstupní a výstupní svorce baterie a generaci analogového signálu reprezentujícího teplotu baterie v daném článku,

b) převedení uvedených analogových signálů na číslicové signály reprezentující napětí, proud a teplotu baterie a integraci skutečných nabíjecích parametrů baterie v čase z těchto číslicových signálů mikroprocesorem RISC spojeným s uvedenou baterií, podle následujícího algoritmu

$$CAP_{rem} = CAP_{FC} - \sum I_d \Delta t_d - \sum I_s \Delta t + \sum \varepsilon_c I_c \Delta t_c ,$$

c) ukládání do vyhledávacích tabulek ε_c jako empirické funkce proudu baterie, teploty a zbývající kapacity ve vyhledávací tabulce, CAP_{FC} jako zjištěné hodnoty mezi integracemi a I_s jako empirické funkce teploty baterie a CAP_{FC} , kde tyto vyhledávací tabulky jsou definovány datovou pamětí přidruženou k baterii;

d) ukládání předem určené identifikace baterie a skutečných nabíjecích parametrů v datové paměti, kde tyto nabíjecí parametry obsahují nejméně kapacitu při plném nabití a zbývající kapacitu;

e) posílání bateriových zpráv do vnějšího zařízení přes datovou sběrnici, kde tyto zprávy obsahují předem určené identifikační parametry baterie a skutečné nabíjecí parametry.

Další přednosti a výhody vynálezu vyplynou z následujícího podrobného popisu vztaženého k doprovodným výkresům, který specifikuje a ilustruje výhodná provedení vynálezu.

Přehled obrázků na výkrese

Na obr.1 je blokové schema systému inteligentní baterie připojeného k hostitelskému počítači a nabíjecímu zařízení baterie.

Na obr.2A je zjednodušené blokové schema inteligentní baterie a konektoru včetně uspořádání vývodů integrovaného obvodu pro specifické použití (obvod ASIC) použitého v předkládaném vynálezu.

Obr.2B představuje zjednodušené blokové schema obvodu ASIC 28 systému inteligentní baterie tohoto vynálezu.

Na obr.3 je obecný vývojový diagram představující základní funkční vlastnosti algoritmu a způsobu pro řízení mikroprocesoru zabudovaného v obvodu ASIC užitého v uvedeném vynálezu.

Obr.4 zobrazuje inicializační rutinu 10 pro inicializaci mikroprocesoru a řídicí jednotky sběrnice zabudovaných v obvodu ASIC.

Na obr.5A a 5B jsou vývojové diagramy ilustrující výpočetní program 200 IUT (proud, napětí a teplota).

Na obr.6A a 6B jsou vývojové diagramy ilustrující sekvenční procesy 150 naprogramované v mikroprocesoru pro výpočet současné kapacity baterie se schopností znovunabíjení z tohoto vynálezu.

Obr.6C představuje samovybíjecí program 300 pro výpočet míry samovybíjení baterie.

Obr.6D a 6E znázorňuje integrační program 400 pro výpočet velikosti nabíjecího nebo vybíjecího náboje baterie tekoucího do nebo z jejích svorek.

Obr.7A až 7C jsou vývojové diagramy ilustrující sekvenční procesy 500 naprogramované v mikroprocesoru pro určení koncových podmínek baterie, když je tato baterie ve stavu zvyšování kapacity.

Obr.7D představuje vývojový diagram programu 700 pro zjištění počtu buněk.

Obr.8A a 8B jsou logické vývojové diagramy znázorňující sekvenční procesy 600 naprogramované v mikroprocesoru pro určení koncových podmínek baterie, když je tato baterie ve stavu snižování kapacity.

Na obr.9 je logický vývojový diagram rutiny žádosti o zpracování, která je vyvolána vznikne-li komunikace mezi inteligentní baterií a hostitelským počítačem nebo nabíječem baterie.

Obr.10 znázorňuje detailní logický vývojový diagram rutiny zápisového bloku pro zápis dat do inteligentní baterie.

Na obr.11 je podrobný logický vývojový diagram rutiny čtecího bloku pro čtení dat z inteligentní baterie.

Obr.12A a 12B znázorňují vývojový diagram popisující logické kroky vyvolané systémem inteligentní baterie, je-li vysílán poplachový stav vnějšimu zařízení.

Obr.13 je logický vývojový diagram popisující kroky vyvolané systémem inteligentní baterie je-li vysílán nabíječe baterie stav nabití.

Obr.14A a 14B znázorňují logický vývojový diagram popisující kroky vyvolané systémem inteligentní baterie je-li vysílána zpráva.

Obr.15 představuje logický vývojový diagram popisující kroky vyvolané systémem inteligentní baterie pro generování stavu na LED displeji, který indikuje relativní stav nabití baterie.

Obr.16 zobrazuje obecné blokové schema A/D převodníku 60.

Na obr.17A je časování pracovních cyklů za podmínek práce v normálním nebo vzorkovacím módu.

Obr.17B představuje přibližné doby trvání pro různá měření v pracovním cyklu.

Obr.18 ilustruje detailní blokové schema oživovacího obvodu 80 komparátoru.

Obr.19A je třírozměrná grafická prezentace vyhledávacích tabulek, které zobrazují předpovídané hodnoty zbytkové kapacity jako funkci vybíjecího proudu a teploty.

Obr.19B je třírozměrná grafická prezentace vyhledávacích tabulek, které zobrazují velikost samovybíjecího proudu (vertikální osa) jako funkci relativního stavu nabití baterie a teploty.

Obr.19C je třírozměrná grafická prezentace vyhledávacích tabulek účinnosti nabíjení, ukazující faktory účinnosti nabíjení jako funkci příslušného stavu nabíjení, nabíjecího proudu a teploty.

Obr.20 představuje dva grafy závislosti napětí na čase, A a B, srovnávající vypočítané charakteristiky kapacity baterie při různých vybíjecích proudových intenzitách pro šestičlánkovou bateriovou sadu.

Příklady provedení vynálezu

Využití inteligentní baterie podle předkládaného vynálezu lze očekávat u inteligentních hostitelských zařízení jako je přenosný počítač, přenosná videokamera nebo buňkový telefon, které mají sběrnici řízení systému a inteligentní nabíječ nebo u inteligentních zařízení se systémem hospodaření s energií, který může přijímat a vysílat data přes sběrnici řízení systému.

Příklad takového systému je znázorněn na obr.1, kde je inteligentní baterie 10 spojena s napájecí rovinou 12 za účelem dodávání a přijímání elektrické energie přes tuto napájecí rovinu 12 a se sběrnici 14 řízení systému, což je dvousměrná modifikovaná I²C datová sběrnice (komunikační rozhraní), která komunikuje s hostitelským zařízením 16, kterým může být přenosný počítač. Toto hostitelské zařízení 16 může být napájeno inteligentní baterií 10 nebo systémovým napájecím zdrojem 18 a běžným zdrojem 20 střídavého proudu. Systémový napájecí zdroj nebo systém hospodaření s energií tedy komunikuje s inteligentním nabíječem 22, který může být užit k určení intenzity a doby trvání náboje posílaného do této inteligentní baterie napájecím zdrojem. Inteligentní nabíječ 22 tedy komunikuje se sběrnici 14 řízení systému a může přijímat teplotní signál reprezentující teplotu bateriového článku odděleným vedením 24. Detailní popis funkce sběrnice 14 řízení systému (dvousměrná modifikovaná datová sběrnice I²C) lze nalézt v Intel-Duracell System Management Bus Specification, Rev.0.95, (April 1994).

System 18 hospodaření s energií může dodávat nebo získávat energii do nebo z inteligentní baterie 10 přes napájecí rovinu 12 v závislosti na stavu nabití inteligentní baterie 10 a na přítomnosti či nepřítomnosti energie ve střídavém zdroji 20.

Inteligentní nabíječ 22 se může periodicky dotazovat inteligentní baterie 10 na nabíjecí charakteristiky a nastavovat výstup tak, aby se přizpůsobil nabíjecím požadavkům inteligentní baterie. Volitelně, a pokud je to uživatelem hostitelského zařízení zvoleno, může inteligentní nabíječ 22 překročit požadavek této inteligentní baterie na intenzitu nabíjení a nabíjet tuto baterii vyšší nebo rychlou intenzitou nabíjení. Uživatel hostitelského zařízení nemusí nutně překročit požadavek inteligentní baterie. Jak bude mnohem podrobněji vysvětleno níže, může inteligentní baterie periodicky vysílat požadovaný nabíjecí proud nebo se inteligentní nabíječ 22 dotazuje inteligentní baterie na nabíjecí proud. Hostitelské zařízení nebo nabíječka nemusí vyhovět požadavku inteligentní baterie a mohou poskytovat větší nebo menší množství energie než je požadováno.

Hostitelské zařízení 16 může komunikovat s inteligentní baterií přes sběrnici 14 řízení systému a požadovat informaci z této baterie za účelem použití v systému hospodaření s energií, a tím poskytnout uživateli hostitelského zařízení informace o stávajícím stavu této baterie a jejích schopnostech. Hostitelské zařízení 16 bude rovněž přijímat oznámení o kritických událostech, zahrnující poplachové podmínky, informace o tom, že zbývající kapacita je pod prahovou hodnotou nastavenou uživatelem, že zbývající doba provozu je pod prahovou hodnotou nastavenou uživatelem zařízení nebo signál konce vybíjení. Poplachové podmínky zahrnují, avšak nejsou omezeny na přebíjení, překročení teploty, snížení zbývající kapacity nabití pod předem určenou nebo uživatelem nastavenou kapacitu nebo pokles dobu provozu pod předem určenou nebo uživatelem nastavenou zbývající dobu provozu.

Jak bude dále podrobněji vysvětleno, může inteligentní baterie hlásit okamžitou hodnotu proudu odebíraného z baterie, hodnoty proudu zprůměrované v předem určených časových intervalech, současnou teplotu a současnou napětí.

Inteligentní baterie může rovněž hlásit množství indikátorů stavu baterie, indikujících, zda je baterie nabíjena nebo vybíjena, že nabití je úplné nebo že je baterie plně vybita. Kromě toho může poskytnout vypočítané hodnoty zahrnující zbývající provozní čas při současném odběru proudu, zbývající provozní čas při užití průměrného proudu, zbývající provozní čas při užití optimálního proudu a předpovězený zbývající čas provozu při proudové úrovni (vybíjecí intenzitě) zvolené hostitelským zařízením.

Inteligentní baterie 10 také poskytuje soubor předem určených identifikačních parametrů baterie, které mohou zahrnovat data výrobce, chemické složení článku, konstrukční kapacitu, konstrukční napětí a specifické identifikační číslo zařízení. Předem určené identifikační parametry zařízení jsou dostupné, buď pro hostitelské zařízení nebo inteligentní nabíječ, aby pomohly při volbě optimálního použití a nabíjecích parametrů pro inteligentní baterii.

Inteligentní baterie je také schopna doporučit žádoucí nabíjecí proud, hlásit čas zbývající do úplného nabití, kapacitu baterie dostupnou při úplném nabití a počet nabití nebo vybití baterie.

Inteligentní baterie podle předkládaného vynálezu používá hybridní integrovaný čip (IC), který obsahuje zabudovaný mikroprocesor a nový analogově číslicový převodník, který dostává analogové signály z této baterie a přeměňuje je na číslicové signály reprezentující napětí baterie, proud a teplotu. Mikroprocesor inteligentní baterie pak z těchto číslicových signálů vypočítává skutečné nabíjecí parametry v čase

podle předem určeného algoritmu, ve kterém je CAP_{rem} zbývající kapacita baterie, které je průběžně přiřazována nová hodnota odrážející nastavení, za účelem efektivního nabíjení, vybíjení a samovybíjení.

Náboj dodávaný do baterie je měřen a nastavován faktorem účinnosti, který je funkcí proudu, teploty a relativního stavu nabití. Je třeba poznamenat, že zbývající kapacita CAP_{rem} a relativní stav nabití, SOC, představují totéž (zbývající kapacitu baterie) a liší se tím, že relativní stav nabití je indikován jako procento poslední kapacity úplného nabití. Účinnost nabíjení je hodnota určená jako funkce výše uvedených proměnných a může být odvozena z vyhledávací tabulky, jak bude dále popsáno v souvislosti s obr.19C nebo vypočtena ze vzorce, který provádí postupnou aproximaci chování účinnosti nabíjení v závislosti na proudu, teplotě a stavu nabití. Faktor účinnosti nabíjení lze tedy získat z rovnice odezvy nebo z interpolace mezi několika různými hodnotami uloženými v paměti.

Podobně je zbývající kapacita baterie CAP_{rem} snižována změřenou intenzitou vybíjení v čase. Předpovědní model zbytkových kapacit určuje očekávané CAP_{rem} ze současného proudu a teploty. Tento předpovědní model může tedy odhadnout, kdy napětí baterie klesne na předem určené vypínací napětí při současné intenzitě vybíjení. Tento model zbytkové kapacity může být vypočítán ze vzorce nebo získán z vyhledávací tabulky, která obsahuje hodnoty zbytkových kapacit jako funkci vybíjecího proudu a teploty.

Konečně je CAP_{rem} rovněž nastavena odečtením samovybíjení. Samovybíjení je počítáno jako funkce teploty a stavu nabití, a je vždy odečteno od CAP_{rem} bez ohledu na to, zda se baterie vybíjí nebo je nabíjena. Samovybíjení může být odvozeno z vyhledávací tabulky empirických modelů článků se stejným chemickým složením,

kteřá předpovídá samovybíjení jako funkci teploty a stavu nabití nebo může být vypočítáno mikroprocesorem.

Jak bude dále vysvětleno podrobněji, CAP_{rem} je zjištěná hodnota, která se sama koriguje díky resetovací logice včleněné do algoritmu kapacity. Algoritmus kapacity reaguje na čtyři typy signálů ukončení nabíjení (EOC) zahrnující zápornou strmost napětí při napětí plného nabití, vzestup teploty, který překročí předem určenou rychlost nebo vypočítaný stav nabití, který je roven hodnotě od 100% do 150% předešlé hodnoty CAP_{FC} , byla-li použita optimální nabíjecí intenzita nebo hodnotu horního limitu teploty. Objeví-li se jeden z prvních tří ze čtyř výše uvedených typů podmínek znovu nastaví resetovací logika CAP_{rem} na předcházející hodnotu CAP_{FC} , nastaví stavový příznak plného nabití a signalizuje hostitelskému nebo nabíjecímu zařízení, aby ukončilo nabíjení. Je-li dosažen horní limit teploty, je vyvolán pouze signál k ukončení nabíjení.

Nabíjecí algoritmus ukončí integraci současného stavu vybití když, reaguje na signál konec vybíjení (EOD) mezi 0,9V /článek a 1,1V/článek, s výhodou pak 1,02V/článek. V tomto bodě nastaví CAP_{rem} na novou zjištěnou hodnotu zbytkové kapacity, jak je určena z integrace vybíjecího proudu, jako funkce vybíjecího proudu a teploty.

Jak bude dále podrobněji vysvětleno, resetovací logika bude znovunastavovat CAP_{FC} jako funkci, na kterou působil signál EOD. Takto je zjištěna nová hodnota CAP_{FC} pro skutečnou kapacitu inteligentní baterie po každém úplném vybíjecím cyklu, jako funkce posledního plně integrovaného vybíjecího cyklu baterie. Inteligentní baterie 10 z předloženého vynálezu je takto schopna sama korigovat CAP_{FC} v jednom úplném cyklu za účelem znovunastavení své kapacity při každém EOC a EOD a efektivně znovu zjistit plnou kapacitu baterie v jednom cyklu, i když celá stávající historie baterie byla zničena díky katastrofické chybě paměti. Inteligentní baterie podle předkládaného

vynálezu je proto schopna přesně předpovědět skutečnou kapacitu a je schopna správně předpovědět během několika minut zbývající dobu provozu do úplného vybití pro baterii 2400 mAh.

Inteligentní baterie 10 podle předkládaného vynálezu je úplněji znázorněna na obr.2A, který je zjednodušeným blokovým schématem této inteligentní baterie, vícevývodového konektoru s moderní konstrukcí a bateriového modulu 28, které zahrnuje uspořádání vývodů hybridního obvodu ASIC 32 použitého v uváděném vynálezu. Jak je znázorněno na obr.2A, zahrnuje inteligentní baterie 10 množinu článků se schopností znovunabíjení, obecně 26, kterými mohou být články nikel-kov-hydrid (NiMH) nebo nikkadmiové NiCd články.

Pro účely následujícího ilustrativního příkladu, který však není limitující, bude uvažováno 6 NiMH článků o nominální kapacitě 2400 mAh. Takovéto uspořádání článků je zvláště vhodné pro napájení přenosného počítače.

Pro připojení inteligentní baterie 10 k hostitelskému zařízení 16 nebo napájecímu zdroji 18 je použit vhodný moderní typ vícevývodového konektoru 30, jak bylo popsáno v souvislosti s obr.1. Tento vícevývodový konektor 30 obsahuje kladnou napájecí svorku 31, která je spojena s kladnou svorkou prvního článku a zápornou napájecí svorku 33, spojenou se zápornou svorkou posledního článku. Množina článků se schopností znovunabíjení může být zapojena do série, jak ukazuje obr.2A.

Modul 28 inteligentní baterie zahrnuje hybridní integrovaný obvod 32, který obsahuje mikroprocesor a množinu sensorů pro generování analogových signálů reprezentujících napětí, proud a teplotu baterie. Modul rovněž zahrnuje řadu čtyř LED diod 34, buzených budícím obvodem 53 a přepínač 35, který může být ovládán ručně konečným uživatelem za účelem určení stavu náboje v baterii i když

modul baterie byl z hostitelského zařízení 16 odstraněn. LED diody 34 mohou být použity za účelem znázornění relativního stavu nabití (SOC) v logickém schématu tak, jak je dále popsáno. Je-li stav nabití vyšší než 75% (nebo nižší než 100%) pak svítí všechny čtyři LED diody 34. Je-li stav nabití mezi 50% a 75%, pak svítí tři LED diody 34; je-li stav nabití od 25% do 50%, svítí dvě LED diody 34; je-li stav nabití od 10% do 25%, pak svítí jedna LED dioda 34 a pokud je stav nabití nižší než 10%, bliká jedna LED dioda. Jak je výše zmíněno, relativní stav nabití je zbývající kapacita vztažená k poslední plné kapacitě.

Jak je ukázáno na obr.2A a 2B, hybridní integrovaný obvod typu ASIC 32 rovněž zahrnuje vnější krystal 36 pracující na pevném kmitočtu, který je použit jako časová základna pro integraci proudu baterie v čase a k zabezpečení stabilního spuštění poté, co je po dlouhotrvající záložní periodě znovu přivedena na inteligentní baterii 10 energie. Tato inteligentní baterie 10 podle předkládaného vynálezu používá dva oddělené oscilátory, vnější krystal 36 a nízkopříkonový RC oscilátor vytvořený v hybridním integrovaném obvodu 32 a použitým jako provozní hodiny pro tento hybridní integrovaný obvod 32 a analogověčíslicový převodník 60. Jak bude dále podrobněji popsáno, vnější krystal 36 je použit pro znovunastartování měřicí periody po každém předem určeném intervalu za účelem zajištění přesných podmínek měření a integrování baterie, bez ohledu na teplotu baterie, která může mít nepříznivý vliv na přesnost vnitřního oscilátoru. Hodnota kmitočtu vnějšího krystalu 36 může být v rozsahu od 10 kHz do 66 kHz, s výhodou 32 kHz a hodnota kmitočtu oscilátoru 48 může být v rozmezí 450 kHz až 460 kHz.

Hybridní integrovaný obvod 32 obsahuje CMOS 8-bitový mikrokontrolér (μ P) 50 MIKRON s nízkými náklady, vysokým výkonem a s moderní konstrukcí RISC. Redukovaná sada 32 instrukcí a Harvardská architektura dosahují vysokou úroveň výkonnosti s minimálním příkonem.

Hybridní integrovaný obvod 32 rovněž zahrnuje množinu analogových obvodů, které jsou použity, v kombinaci s vnějšími analogovými sensory, ke generaci číslicových signálů reprezentujících napětí, proud a teplotu baterie, jak bude dále vysvětleno.

Jak například ukazuje obr.2A, napětí baterie se získává z napětového děliče, který obsahuje první odpor R1 a druhý odpor R2, které jsou vnitřně spínány pomocí tranzistoru NMOS v hybridním integrovaném obvodu 32 za účelem zajištění měření napětí během malé části každého měřicího intervalu, čímž se minimalizuje proudový odběr z článků baterie 26.

Měření teploty baterie je uskutečňováno NTC-termistorem znázorněným jako R_{NTC1} na obr.2A, což je termistor, měnící odpor tak, jak se mění jeho teplota. Třetí odpor R3 je spojen do série za účelem vytvoření obvodu napětového děliče mezi V_{ASS} (záporné analogové napájecí napětí) V_{TEMP} (vstup teplotního napětí) a V_{REF1} , což je referenční napětí přiváděné na řetězec termistor/odpor hybridním integrovaným obvodem typu ASIC 32 z vývodu V_{REF1} . Teplotní napětový vstup je měřen na V_{TEMP} podle následujícího vzorce:

$$V_{TEMP} = \frac{R3}{R3 + R_{NTC1}} \times V_{REF1}$$

kde hodnota R_{NTC1} může být 10 k Ω při 25⁰ C a mění se s teplotou. Je-li to požadováno, může být definována vyhledávací tabulka s množinou teplotních hodnot a množinou hodnot V_{TEMP} za účelem výpočtu teploty baterie a mezi těmito hodnotami je teplota lineárně interpolována mikroprocesorem v integrovaném obvodu 32.

Měření proudu baterie je prováděno přes odporový bočník, označený na obr.2A jako R_{SHUNT} , který je spojen v sérii s články baterie

a zápornou svorkou 33 sady 26 článků. Odporový bočník má malou hodnotu, ale může ležet kdekoli v rozmezí od 1 m Ω do 200 m Ω v závislosti na počtu článků a očekávaném použití baterie. Úbytek napětí na tomto bočníku je snímán mezi V_{SHUNT+} , což je kladná vstupní svorka integrovaného obvodu typu ASIC 32 pro odporový bočník, a V_{ASS} , což je záporné analogové napájecí napětí.

Jak je vidět na obr.2B, kdykoli jsou získány analogové signály, reprezentující napětí, proud a teplotu baterie, vstupují do multiplexoru ASIC nebo přepínací sítě 55, která umožňuje v jednom okamžiku vstup do A/D převodníku 60 za účelem číslicové přeměny pouze jednomu analogovému.

Obecné blokové schéma A/D převodníku 60 je uvedeno na obr.16. Ve výhodném provedení je tento A/D převodník 60 bipolární, inkrementální delta sigma převodník s vysokým rozlišením a sestává ze tří částí: referenční obvod s energetickou mezerou 62, který poskytuje předem nastavené analogové napětí, které je použito jako analogová zem pro A/D převodník 60; síť 64 napěťového děliče, který dělí přivedené napětí na analogová napětí, která jsou používána jako napětí plného rozsahu pro tento A/D převodník 60 a delta sigma obvod 66 pro převod analogového signálu na číslicové slovo vystupující na lince 69. Řídící obvod 68 A/D převodníku 60, který má hodinový vstup z oscilátoru integrovaného obvodu, zajišťuje řízení pro delta sigma převodník, který má rozdílný stupeň rozlišení v závislosti na druhu měření. Například, v jednom provedení vynálezu, byl A/D převodník konfigurován s rozlišením 13 bitů a časem převodu od 300 do 400 msec pro proudová měření a s rozlišením 10 bitů a časem převodu v rozmezí od 30 do 60 msec pro napěťová a teplotní měření. Časový diagram měření napětí, proudu a teploty v každém pracovním cyklu je označen jako 58a v časovém diagramu pracovních cyklů na obr.17A, jak bude vysvětleno níže.

V jednom provedení vynálezu dělí napěťový dělič 64 A/D převodníku předem určené referenční napětí s energetickou mezerou na následující napětí plného rozsahu: signál o velikosti 150 mV použitý jako napětí plného rozsahu pro měření proudu baterie; signály o velikosti 150 mV, 250 mV nebo 350 mV, používané jako napětí plného rozsahu pro měření bateriové sady a závislé na počtu článků baterie; a 150mV používaný jako napětí plného rozsahu pro měření teploty baterie. Tyto hodnoty jsou ilustrativní a mohou se měnit podle konstrukce baterie.

Mnohavývodový konektor 30 obsahuje dva vývody pro rozhraní 75 sběrnice řízení systému, které zahrnuje vstupně-výstupní vedení 38 sériových hodin a dvousměrné vstupně-výstupní vedení 40 sériových dat. Tato vedení jsou spojena s datovými vývody SMBCKL a SMBD hybridního integrovaného obvodu 32. Jak bylo obecně vysvětleno výše a jak bude podrobněji dále vysvětleno, modul 28 inteligentní baterie komunikuje s hostitelským zařízením 16 a inteligentním nabíječem 22 prostřednictvím sběrnice řízení systému a datového vedení 40 za účelem sdělování jak uložených parametrů baterie, tak vypočítaných parametrů baterie.

Inteligentní baterie 10 rovněž zahrnuje samostatný termistor R_{NTC2} , který je připojen mezi zápornou svorku mnohavývodového konektoru 30 a teplotní nebo termistotové vedení 42. Termistor R_{NTC2} může být použit nezávisle inteligentním napáječem 22 k určení teploty baterie, obdobným způsobem, jak bylo dříve popsáno s ohledem na R_{NTC1} .

Kladné číslicové napájecí napětí je získáváno z množiny bateriových článků 44 se schopností znovunabíjení a je přiváděno na hybridní integrovaný obvod přes vývod V_{DD} jako kladné napájecí napětí pro tento čip. Rozumí se, že napájecí napětí pro tento hybridní integrovaný obvod nemusí být bezpodmínečně získáváno na středu 46

baterie, ale může být získáváno z takového místa bateriových článků, aby to odpovídalo napětí o velikosti přibližně 3 až 4,8 V, což je ekvivalentní napětí tří článků. Jak bude dále podrobněji vysvětleno, použití středu baterie pro kladné napájecí napětí umožňuje, aby hybridní integrovaný obvod zůstal napájen i když je baterie náhodně zkratována a odpojena od svorek 31-33 a umožňuje A/D převodníku 60 určit, zda je baterie vybíjena nebo nabíjena, jak bude dále podrobněji vysvětleno. Ačkoli to není uvedeno na obr.2A, jsou za účelem ochrany baterie před velmi vysokým proudem a nadměrnými teplotami, způsobenými dočasným zkratem na svorkách baterie nebo jiným teplotním dějem, v sérii se soustavou bateriových článků zařazeny vhodné pojistné prvky a prvky s kladným teplotním koeficientem (PTC) (není nakresleno).

Jak je uvedeno na obr.2B, zahrnuje dále hybridní integrovaný obvod 32 dále paměť 65 typu RAM, která může ukládat až 128 8-mi bitových slov za účelem sdělování vypočtených parametrů baterie a paměť 67 typu ROM pro uložení hodnot vyhledávacích tabulek použitých ve algoritmu výpočtu kapacity baterie (vysvětleno detailně níže). Přesná velikost pamětí RAM, ROM a programové paměti ROM se zvolí při návrhu a tyto hodnoty se mění se změnou poměru mezi vypočítanými a předem nastavenými parametry.

Jak je vidět na obr.2A, připojený kondenzátor C₄ pracuje jako vyrovnávací obvod za účelem udržení integrity obsahu paměti RAM v případě zkratování baterie nebo dočasné ztráty napájení. Kondenzátor C₄ je s výhodou připojen ke svorce záporného analogového napájecího napětí a jeho hodnota je vybrána tak, aby zajistila zdroj napájecího napětí pro zabudovanou paměť (RAM) po dobu závislou na svodovém proudu této paměti RAM. Ve výhodném provedení je napájení do paměti RAM uvolněno je-li zaznamenán zkrat a hodnota kondenzátoru C₄ je 330 nF, což poskytne zdroj napětí paměti RAM po dobu nezbytnou pro to, aby PCT prvek (není nakreslen) dosáhl

vysokého odporu. Tento PCT prvek vytvoří mezi svorkami baterie vysokou impedanci, když zkrat na svorkách bateriové sady způsobí vysoký proudový odběr.

Hybridní integrovaný obvod 32 dále obsahuje až 4 kbyte přídavné paměti 70 typu ROM pro ukládání různých algoritmů, podprogramů, dat výrobce a datových konstant použitých modulem inteligentní baterie pro vypočítání kapacity baterie, posílání zpráv jako jsou poplachy a řídicí příkazy nabíječe baterie atd. a pro zpracování žádostí o zprávu z vnějšího zařízení. Každý z těchto algoritmů pro vykonávání těchto funkcí bude detailněji vysvětlen níže.

Jak je uvedeno na obr.3, řídicí systém 10 baterie nejprve provede inicializační rutinu 100 která je spuštěna při zapnutí systému, což je aktivováno zapínacím resetovacím impulsním signálem 11 nebo signálem 13 oživení ze zálohy, který je generován poté, co mikroprocesor určil, že je nutno opustit záložní mód. Jak ukazuje obr.2B, integrovaný obvod typu ASIC 32 je vybaven obvodem 85 resetu při zapnutí, který generuje resetovací impulzní signál 11 pokaždé, když je na tento integrovaný obvod typu ASIC přivedeno napájecí napětí. Práh tohoto obvodu je mezi 1.2 V a 1,6 V v závislosti na typu tranzistorů použitých v obvodu (není zakresleno).

Po přijetí zapínacího resetovacího signálu 11 nebo po vystoupení ze záložního módu je systém uveden do klidového módu 23 (obr.3) až do doby, kdy je spuštěn spouštěcím signálem 17 generovaným vnějším oscilátorem 36, který spouští systémové operace (výpočet kapacity) každých 500 msec, nebo je probuzen signálem 15 žádosti ze sběrnice, jak bude podrobněji vysvětleno níže. Pokud je baterie v „klidovém“ módu, je mikroprocesor ve stavu nečinnosti až do doby, kdy je přijat spouštěcí signál 17 pracovního cyklu nebo vnější signál 15 žádosti ze sběrnice.

Inicializace proměnných algoritmu

Pro zamezení výjimek ve výpočtech kapacity, které budou popsány níže, je nezbytné, aby proměnné neměly nedefinované hodnoty. To umožňuje algoritmu pracovat v katastrofickém nouzovém módu v případě, že byl ztracen celý obsah paměti RAM. Implicitní hodnoty kritických proměnných mohou pak být nahrazeny správnými hodnotami když je bateriový systém znovu formátován, jako například v servisní stanici baterií užitím originálních dat výrobce.

V inicializační rutině 100 zobrazené na obr.4, jsou všechny hodnoty, které mají být uloženy v systémové paměti RAM vymazány a jsou stanoveny implicitní hodnoty systému. Mnohé z implicitních hodnot jsou s výhodou konstanty a jsou nezbytné v případě nouze, kdy byl ztracen celý obsah paměti RAM.

Jak je uvedeno na obr.4, krok 104 inicializační rutiny vyhledává hodnotu, která je do systému na pevně uložena při výrobě. Proměnná „kontrolní součet“ je součet bytů z kalibračních parametrů, cf_curr, cf_temp, co_curr, co_temp, (bude vysvětleno dále) a druhu displeje (kod). Je zapsána do paměti baterie v době výroby a vypočtena, když jsou do baterie posílána kalibrační data. Tento „kontrolní součet“ je nejprve porovnáván s nulovou hodnotou, jak je vyznačeno v kroku 102 na obr.4. Je-li roven nule, pak jsou implicitní hodnoty kritických parametrů uložené v paměti RAM vymazány a jsou stanoveny nové, jak indikuje krok 108.

Při resetu po zapnutí, jakož i při oživení ze záložního módu čipu (vysvětleno dále), je program odstartován z počáteční adresy paměti. Proměnná „kontrola“, která sčítá všechny tři současné kalibrační faktory a počet článků, je vypočtena v kroku 104 a porovnána s počáteční registrovanou hodnotou „kontrolního součtu“ v kroku 106. Pokud „kontrolní součet“ nebyl vymazán, to jest, není nulový (krok 102),

a je určen jako rovný vypočtené hodnotě „kontroly“, předpokládá se, že paměť RAM je platná, stav pohotovosti (který používá implicitní hodnoty z paměti ROM) nebude aktivován a výpočet kapacity bude pokračovat bez resetování hodnoty relativní stav nabití „SOC“ (bude vysvětleno níže) nebo hodnoty kapacita plného nabití „full_cap“ (rovněž bude vysvětleno níže). Normální příklad takové situace je, když se čip přepne do záložního módu při nízkém napětí baterie a pak zpět do módu zapnuto, když má být baterie znovu nabíjena.

Je-li test „kontrolního součtu“ v kroku 106 negativní, to znamená, že hodnota „kontrolního součtu“ není rovna vypočtené hodnotě „kontroly“ mikroprocesor nejprve vymaže kompletně všechny bloky paměti RAM, jak ukazuje krok 108. Následkem toho je, že bude vymazán vnitřně generovaný příznak CALIBRATED a musí být zjištěn počet článků v bateriové sadě, kde tento proces bude vysvětlen podrobněji dále. Poté jsou, jak je popsáno níže, převáděny implicitní hodnoty z paměti ROM do paměti RAM, jak je naznačeno v kroku 110 v obr.4. V kroku 110 bude zahrnuta inicializace hodnot kapacity plného nabití „full_cap“, relativního stavu nabití „SOC“ a zbývající kapacity „lrf“, jakož i stavové a další proměnné za účelem zabezpečení řádného startu výpočtu kapacity. Pak program resetuje všechny systémové časovače, jako jsou časovače výpočtu napětí, teploty a samovybíjení. Program pak v kroku 116 opustí inicializační rutinu a je iniciován výpočet kapacity při každém spouštěcím signálu 17, který je dodáván každých 500 msec vnějším 32 kHz krystalem 36. Takto jsou v inicializační rutině vykonávány všechny výše popsané kroky vykonávány při prvotním startu systému nebo po resetu po zapnutí kdy, byl obsah paměti ztracen během záložního módu.

Jak bylo výše vysvětleno, implicitní hodnoty jsou potřebné k zabezpečení toho, že po reset po zapnutí může být proveden výpočet kapacity baterie se schopností znovunabíjení. Výhodné nominální

implicitní hodnoty kritických parametrů použité pro algoritmus 151 výpočtu kapacity jsou uvedeny dále:

Konstrukční kapacita (teoretická nebo nominální kapacita, dále „nom_cap“) by měla být v rozmezí od 500 do 10,000 mAh. Pro toto rozmezí je garantováno, že výpočet kapacity je platný. Nom_cap může ležet v rozmezí mezi 1700 mAh a 2400 mAh, ale po ztrátě obsahu paměti algoritmus výpočtu kapacity nastaví implicitní výhodnou hodnotu 2000 mAh a nová kapacita je znovu zjišťována od této úrovně. Implicitní hodnota počtu článků v bateriové sadě se schopností znovunabíjení je šest článků, tato hodnota se ale může měnit v závislosti na aktuální konfiguraci bateriové sady. Hodnoty N_DT_T a N_DT_U reprezentují počet pracovních cyklů programu, které jsou počítány mezi teplotními a napěťovými změnami, které jsou použity v algoritmu výpočtu kapacity. N_DT_T, časový interval pro detekci dT/dt (strmost teploty), jak bude vysvětleno níže, je implicitně nastaven na 20 sec, ale tato hodnota může ležet v rozmezí od 10 do 50 sec. Časový interval pro detekci dU/dt (strmost napětí) N_DT_U, jak bude vysvětleno níže, je nastaven na 120 sec, avšak tato hodnota může ležet v oblasti od 100 do 400 sec. Cf_curr a cf_temp jsou rovněž implicitně nastaveny a tyto hodnoty specifikují kalibrační faktory pro proud a teplotní vyhledávací tabulky. Co_curr je implicitní hodnota offsetu pro kalibraci proudu a co_temp je implicitní hodnota offsetu použitá pro teplotní měření. Tyto hodnoty se mohou měnit v závislosti na konkrétní konstrukci baterie. Hodnota AL_REM_CAP reprezentuje spouštěcí hodnotu poplachu zbývající kapacity a může být v rozmezí od 50 mAh do 500 mAh. Implicitní hodnota AL_REM_CAP je s výhodou 200 mAh (AL_REM_CAP_DEF). Poplachová podmínka vznikne, je-li zbývající kapacita pod touto hodnotou (bez uvažování zbývající kapacity po EDV způsobené proudem a teplotou (to je korekce zbytkové kapacity). Hodnota AL_REM_TIME reprezentuje odhadnutý zbývající čas při současné rychlosti vybíjení a může ležet v rozmezí od 1 min do 20 min. S výhodou je tato hodnota AL_REM_TIME implicitně nastavena

(AL_REM_TIME_DEF) na 10 min. Tato poplachová podmínka vzniká, pokud vypočtený zbývající čas k výpadku napětí (EDV), založený na minutovém průměrném proudu (popsáno níže) je pod hodnotou AL_REM_TIME a je automaticky zablokována, když je baterie v nabíjecím módu. Hodnota AL_DTEMP reprezentuje podmínku spouštění poplachu dT/dt a může ležet v rozmezí od 1° K/min do 5° K/min. Implicitní hodnota AL_DTEMP je s výhodou o velikosti 2° K/min (AL_DTEMP_DEF). Tato poplachová podmínka vznikne, když baterie detekuje, že velikost jejího vnitřního teplotního vzrůstu (dT/dt) je větší než hodnota AL_DTEMP. Hodnota AL_HI_TEMP reprezentuje podmínku spuštění poplachu vysoké teploty a může ležet v rozmezí od 310° K do 345° K. Implicitní hodnota AL_HI_TEMP je s výhodou o velikosti 328° K (AL_HI_TEMP_DEF). Kromě toho, když je výpočet kapacity odstartován po resetu po zapnutí, bude kapacita při plném nabití („full_cap“ reprezentuje zjištěnou kapacitu baterie při plném nabití), inicializována na konstrukční kapacitu (nom_cap), zbývající kapacita („lrf“) na $1/8$ full_cap, relativní nabití na („soc“) 12,5%, stav baterie na snižování kapacity a konkrétně do samovybíjecího módu. Poplachový časovač N_ALARM je nastaven na 10 sec a to je doba, po kterou bude podmínka poplachu vysílána do hostitelského zařízení a/nebo nabíječe baterie, jak bude vysvětleno dále podrobně. Je nutno mít na zřeteli, že tyto hodnoty jsou typické hodnoty pro NiMH baterii určenou pro použití v přenosném počítači. Jiné typy baterie o jiném chemickém složení nebo jiná přenosná zařízení mohou vyžadovat rozdílný soubor implicitních hodnot.

Poté co je systém v kroku 100 inicializován, přijde baterie do klidového módu 23, kde bude každých 500 msec oživena buď vyžadovacím signálem 15 sběrnice nebo spouštěcím signálem 17 vnějšího krystalu. Je-li baterie oživena vyžadovacím signálem 15 sběrnice, jak je určeno v kroku 21, pak bude baterie zpracovávat žádost rutinou zpracování žádosti indikovanou v kroku 25, kde pak přejde do

klidového módu. Rutina pro zpracování žádostí 25 bude dále vysvětlena podrobně.

Je-li systém spouštěn normálním spouštěcím signálem 17 vnějšího krystalu a nejsou-li žádné žádosti ze sběrnice, zablokuje program tyto sběrnice požadavky (37 msec před spouštěcím signálem) a uvolní A/D převodník pro začátek měření proudu, napětí a teploty pro současný pracovní cyklus, jak je ukázáno v kroku 130 na obr.3. V kroku 139 je pak kontrolován stavový příznak „vyvolání hodnot“ za účelem určení, zda má být proveden A/D převod prvotních hodnot měření proudu, napětí a teploty. Když má tento příznak vysokou úroveň (logická úroveň = 1), pak se pro současný spouštěcí cyklus získají hodnoty prvotního proudu, napětí a teploty baterie se schopností znovunabíjení, jak je vidět v kroku 140. Tyto prvotní A/D hodnoty proudu, napětí a teploty jsou zavedeny do registru 61, jak ukazuje obr.2B, za účelem následného uložení v paměti RAM jako I, U nebo T. Má-li stavový příznak „vyvolání hodnot“ nízkou úroveň (logická úroveň = 0), pak nebudou pro současný cyklus získána žádná prvotní měření proudu, napětí a teploty, stavový příznak „vyvolání hodnot“ bude přepnut v kroku 148 do stavu logická 1 a proces bude pokračovat, jak je vidět na obr.3.

Po získání nových hodnot proudu, napětí a teploty (krok 140) je příznak připravenosti A/D měření nastaven v kroku 141 do logické úrovně 1 a v kroku 142 je provedena kontrola za účelem určení toho, zda je systém v režimu vzorkování. Je-li v kroku 142 určeno, že absolutní hodnota prvotního proudu I je nižší než je prahová hodnota 10 mA, bude systém baterie pracovat s poloviční energií nebo poloviční rychlostí vzorkování v závislosti na stavu příznaku režimu vzorkování. V kroku 143 z obr.3 se určí, zda má příznak režimu vzorkování nízkou (t.j. logická 0) nebo vysokou (t.j. logická 1) úroveň. Má-li příznak režimu vzorkování nízkou úroveň, potom bude tento příznak přepnut v kroku 144 na vysokou úroveň, systém přejde do režimu vzorkování a proces

pokračuje v kroku 149 inicializací A/D převodu. Má-li příznak režimu vzorkování již vysokou hodnotu (z předchozího cyklu), pak je příznak „vyvolání hodnot“ v kroku 146 nastaven na nulu a A/D převodník je v kroku 147 zablokován. A/D převod neproběhne (šetření energie) a algoritmus pokračuje výpočtem kapacity (krok 151). Příznak „vyvolání hodnot“ v režimu vzorkování je vždy nastavován na nízkou úroveň. Stav tohoto příznaku zabezpečuje, že se přeskočí A/D převod a v důsledku toho v kroku 151 nebudou pro výpočet kapacity k dispozici platné údaje.

Je-li v kroku 142 určeno, že prvotní proud I_I je nad prahovou hodnotou 10 mA, pak systém baterie opustí v kroku 145 režim vzorkování (a příznak režimu vzorkování je nastaven do stavu logické 0) a v kroku 149 bude proveden A/D převod prvotních hodnot proudu, napětí a teploty. V kroku 150 je provedeno určení toho, zda příznak připravenosti A/D měření je na vysoké úrovni (logická 1), což indikuje, že byla přijata platná prvotní data parametrů baterie.

Pokud je nastaven na vysokou úroveň, pak budou provedeny výpočet kapacity a doprovodné převody charakteristik baterie (napětí, proud a teplota). Je-li příznak připravenosti A/D měření na nízké úrovni (logická 0), pak není v současném cyklu výpočet kapacity prováděn a proces pokračuje do kroku 158, kde je uvolněna linka požadavků ze sběrnice na přenos zpráv a hybridní integrovaný obvod je v kroku 23 uveden do klidového módu. Spouštěcí signál 17 vnějšího oscilátoru pokračuje v oživování algoritmu každých 500 msec, ačkoli A/D převody a výpočty kapacity jsou prováděny pouze v každém druhém cyklu, je-li proud nižší než 10 mA.

Obr.17A znázorňuje časování pracovních cyklů v pracovních podmínkách 57A normálního módu v porovnání s tím, když systém pracuje v podmínkách 57B režimu vzorkování, jak bude dále vysvětleno. Jak je vidět z obr.17A a jak bylo výše zmíněno, vnější krystal 32 kHz dodává spouštěcí signál 17 každých 500 msec za účelem inicializace prvotních měření napětí, proudu a teploty, označených jako 58 A. Je

iniciován rovněž výpočet 160 kapacity, který používá měření proudu, napětí a teploty z předešlého pracovního cyklu. Jak bylo zmíněno výše, je-li určeno, že získaná prvotní hodnota proudu je pod prahovou hodnotou 10 mA, bude systém baterie pracovat s poloviční energií a během příštích 500 msec pracovního cyklu nebudou prováděna žádná měření, což je označeno jako 58B v obr.17A. Měření jsou ale prováděna o jednu vteřinu později v dalším pracovním cyklu, což je označeno jako 58C. Je-li určeno, že získaná prvotní hodnota proudu je nad prahovou hodnotou 10 mA, vrátí se systém baterie k provozu v normálním módu a v průběhu příštího a následujících pracovních cyklů budou prováděny výpočet kapacity a doprovodná měření charakteristik baterie (napětí, proud a teplota). Obr.17B znázorňuje přibližné doby trvání pro různá měření. V závislosti na výběru konstrukce baterie je výpočet 160 kapacity prováděn ve zhruba 71 msec pro každý pracovní cyklus. Poté po dobu zhruba 29 msec probíhá subrutina 152 řízení poplachu a po dobu trvání zhruba 2 msec je prováděna subrutina 154 řízení nabíječe, určí-li baterie, že tyto operace mají být provedeny (viz obr.3). Požaduje-li to uživatel, může být provedena rutina 156 LED displeje a funkce řízení LED displeje budou probíhat zhruba 23 msec, jak ukazuje obr.17B. Je nutné mít na zřeteli, že výše uvedené doby pro provádění různých rutin se mohou měnit podle přesnosti vnitřního oscilátoru 455 kHz, která se může měnit s teplotou. Každá ze subrutin, a to subrutina 152 řízení poplachu, subrutina 154 řízení nabíječe a subrutina 156 LED displeje bude dále vysvětlena podrobněji. Protože linka požadavků sběrnice řízení systému není během výpočtu kapacity, řízení poplachu, řízení nabíječe a rutin LED displeje aktivní, nebude mikroprocesor schopný po dobu trvání 158 přijímat požadavky z hostitelského zařízení nebo nabíječe baterie, jak je uvedeno pro každý pracovní cyklus na obr.17A. Proto v každém pracovním cyklu, poté co byl proveden výpočet kapacity, je linka požadavků sběrnice řízení systému po zbývajících 500 msec cyklu uvolněna, jak ukazuje obr.17B, takže může odpovídat na požadavek z hostitelského zařízení nebo nabíječe. Současně se baterie sama uvede do klidového módu 20,

ze kterého bude oživena pro další cyklus příjmem spouštěcího signálu 17 systému nebo signálem 15 sběrnicových požadavků, jak je znázorněno na obr.3. Po zbývajících 37 msec každého provozního cyklu před dalším spouštěcím signálem 17 je sběrnicový požadavek opět zablokovan, jak je znázorněno dobou trvání 158. Je třeba se zmínit, že každý spouštěcí signál 17 systému iniciuje start vnitřních hodin 48 generujících signál 455 kHz pro řízení hybridního integrovaného obvodu, mikroprocesoru, A/D převodníku atd.

Algoritmus pro výpočet kapacity baterie

Účelem výpočtu kapacity je nepřetržitě monitorovat kapacitu baterie se schopností znovunabíjení v souladu se vzorcem určeným rovnicí (1):

$$CAP_{rem} = CAP_{FC} - \sum I_d \Delta t_d - \sum I_s \Delta t_s + \sum \varepsilon_c I_c \Delta t_c \quad (1)$$

kde CAP_{rem} je označena dále jako „Itf“ a indikuje zbývajcí kapacitu v baterii v kterémkoli daném čase vyjádřenou jako mAh (miliampérhodiny); výraz $\sum \varepsilon_c I_c \Delta t_c$ představuje součet inkrementálních zvýšení kapacity při nabíjení baterie a bere v úvahu faktor ε_c účinnosti nabíjení, získaný s výhodou z hodnot vyhledávacích tabulek, jak bude dále podrobněji vysvětleno ve vztahu k obr.19C nebo alternativně získaný z rovnice odezvy nebo interpolací mezi několika body uloženými v paměti;

výraz $\sum I_d \Delta t_d$, představuje součet průběžných snížení kapacity baterie daných vybíjením spojeným s užíváním baterie a výraz $\sum I_s \Delta t_s$ představuje předpovězenou a měřitelnou velikost samovybíjení, které je založeno na samovybíjecích efektech daných chemickým složením baterie a je funkcí stavu nabití a teploty baterie. Znalost zbývajcí kapacity, Itf, v každém čase umožňuje poskytnout informaci o parametrech baterie použitelnou hostitelským počítačem (PC) nebo

nabíječem inteligentní baterie pro bezpečné a spolehlivé použití baterie a k zabezpečení dlouhodobé životnosti baterie.

Obr.6A a 6B znázorňují rutinu výpočtu kapacity prováděnou pro bateriovou sadu se schopností znovunabíjení v každém spouštěcím cyklu. Jak bylo krátce zmíněno výše, je perioda pracovních cyklů 500 msec a v každém cyklu je odstartován výpočet kapacity. Jak je uvedeno na obr.17A, trvá výpočet v každém cyklu zhruba 58 msec. Souběžně probíhají měření proudu, napětí a teploty s výjimkou režimu „vzorkování“, kdy jsou měření prováděna jedenkrát za každou vteřinu. Režim vzorkování je navržen pro šetření spotřeby energie (to je, baterie pracuje s poloviční energií) a jeho zapínání a vypínání je řízeno množstvím detekovaného proudu. Například, klesne-li proud pod 10 mA, je režim „vzorkování“ uvolněn a měření je prováděno méně často.

Normálně jsou teplota, napětí a proud měřeny a aktualizovány jednou za cyklus. Proud je měřen integrační metodou (podrobněji vysvětleno níže), která zjišťuje jeho změny během času převodu. Všechny výstupní hodnoty převzaté z požadavků SM sběrnice a výpočtu kapacity jsou zpožděny o jednu periodu. A/D měření jsou řízena oscilátorem na čipu o nominálním kmitočtu 455 kHz a pracovní cykly - zodpovědné za integrační čas - přesným oscilátorem o kmitočtu 32 kHz. Nižší přesnost absolutní hodnoty kmitočtu oscilátoru na čipu nemá žádný vliv na přesnost měření.

Jak ukazuje obr.6A, krok 200, první krok výpočtu kapacity, výpočetní rutina 200_IUT, je prováděna za účelem převodu prvotního výstupního údaje A/D převodníku z registru 61 (obr.2B) na hodnoty, mající vhodné jednotky pro algoritmus výpočtu kapacity. Na obr.5A, v kroku 205, je prvotnímu A/D měření proudu I_raw upraveno měřítko a je převedeno na skutečnou hodnotu proudu „I“ v miliampérech. V kroku 210 je prvotnímu A/D měření napětí sady U_raw upraveno měřítko a je převedeno na skutečnou hodnotu napětí bateriové sady „U“ v

milivoltech. Poté, jak je uvedeno v kroku 212, mikroprocesor kontroluje napětí bateriové sady za účelem určení, zda některý samostatný článek bateriové sady má či nemá výstupní napětí menší než 0,9 V. Je-li zjištěn článek s výstupním napětím menším než 0,9 V, je bateriová sada převedena do záložního provozu, jak ukazuje krok 214. Když se stav baterie změní mezi módem zapnutí (ON mode) a záložním módem, uskutečňují se následující kroky. Mikroprocesor vypne A/D převodník a oscilátor 455 kHz a nastaví bitový příznak pro hardware za účelem odstartování speciální logiky řízení napětí a sám se uvede do klidového módu. Když oživovací komparační obvod 80 řídicí logiky, jak je uveden na obr.2B, detekuje, že se napětí V_{DD} integrovaného obvodu typu ASIC zvýšilo nad 3,33 V (1,11 V/článek pro tříčlánekovou bateriovou sadu), mikroprocesor ožije, což umožní, aby A/D převodník opět prováděl měření a pokračuje ve výpočtu kapacity s inicializací, která závisí na testu kontrolního součtu, jak bylo popsáno výše.

Jak je uvedeno na obr.2B, oživovací komparační obvod 80 je aktivován, když baterie vstoupí do záložního módu. Jak bylo před tím zmíněno, v tomto záložním módu jsou mikroprocesor 50, A/D převodník 60 a 455 kHz oscilátor 48 na čipu vypnuty, aby se ušetřil proud. Pouze oscilátor 32 kHz je v provozu, aby dodával vzorkovací periodu 500 msec komparátoru 76, který porovnává kladné napájecí napětí V_{DD} s referenčním napětím A/D převodníku s energetickou mezerou 1,25 V. Když vzroste napětí V_{DD} integrovaného obvodu typu ASIC nad 3,33 V (1,11 V/článek pro tříčlánekovou bateriovou sadu), zapne komparátor 76 mikroprocesor 50, A/D převodník 60 a 455 kHz oscilátor 48 na čipu. Detailní schema komparačního obvodu komparátoru 80 je uvedeno na obr.18. Jak ukazuje obr.18, oživovací komparační obvod 80 obsahuje napěťový dělič s odpory R4 a R5, které jsou připojeny na napájecí napětí V_{DD} integrovaného obvodu typu ASIC a zem za účelem přivedení signálu 82 napětí sady na první vstup komparátoru. Signál 82 napětí sady je porovnáván se signálem 83 předem určeného referenčního napětí s energetickou mezerou a tato hodnota se může měnit v

závislosti na konstrukci bateriové sady. Pro tříčlánkovou bateriovou sadu je toto referenční napětí 83 s energetickou mezerou 1,25 V. Je-li napětí V_{DD} integrovaného obvodu ASIC nízké, má výstupní signál komparátoru vysokou úroveň. Když napětí V_{DD} vzroste nad referenční napětí 83, přejde oživovací signál 13 na nízkou úroveň, což umožní normální provoz systému. Během klidového módu je komparátor uvolněn pomocí uvolňovací lonky 15A. Kromě toho je napájecí vstup komparátoru připojen na NMOS tranzistor 90 s nízkým proudovým odběrem, aby bylo umožněno nepřetržité snímání obvodem komparátoru bez patrných proudových ztrát.

Pokud je detekováno, že výstupní napětí článku je větší než 0,9 V, pokračuje v kroku 215 výpočet kapacity, prvotní A/D měření teploty sady, T_{raw} , je převedeno na skutečnou teplotu bateriové sady ve stupních Kelvina. Tato hodnota teploty má dále v kroku 220 upraveno měřítko pomocí vyhledávacích tabulek poskytnutých výrobcem (není zobrazeno) za účelem zohlednění změny měřítka termistoru, a je získána konečná skutečná hodnota teploty „T“. V kroku 222 je kontrolován stav baterie za účelem určení, zda existuje podmínka překročení teploty, to je zda $T \geq AL_HI_TEMP$. Podmínka překročení teploty vznikne při teplotě 238° K nebo vyšší a je-li detekován, je v kroku 224 nastaven příznak podmínky teplotního poplachu HI_TEMP_ALARM . Poté se v kroku 227 kontroluje stav baterie za účelem určení zda se zvětšuje kapacita. Pokud se kapacita zvyšuje, a existuje-li podmínka překročení teploty (HI_TEMP_ALARM je nastaven), pak je v kroku 228 nastaven příznak $TERMINATE_CHARGE_ALARM$. Tento příznak indikuje, že jeden nebo více nabíjecích parametrů baterie je mimo rozsah a bude znovu nastaven, když tento konkrétní parametr poklesne zpět do svého povoleného rozmezí. Je-li v kroku 222 určeno, že neexistuje podmínka překročení teploty, je v kroku 226 vymazán poplachový příznak stavu teploty HI_TEMP_ALARM , jak ukazuje obr.5A a proces pokračuje v kroku 230. Ať už existuje podmínka teplotního poplachu nebo nikoli, je v kroku 230 provedeno určení toho, zda

současná hodnota teploty T s upraveným měřítkem je větší než maximální hodnota teploty „Tmax“, indikující nejvyšší teplotu dosaženou pro tuto konkrétní baterii. Je-li současná hodnota teploty nejvyšší hodnota dosažená za dobu života baterie, pak je v kroku 235 přiřazena proměnné Tmax tato současná hodnota teploty s upraveným měřítkem a tento údaj je uložen do paměti RAM a může být následně použit výrobcem pro účely řízení kvality při vrácení baterie kvality poté, co baterie dosáhla konce své užitečné životnosti.

V tomto místě je nutné poznamenat, že když má jmenovitá změna v napětí nebo teplotě mezi po sobě jdoucími měřeními určitý gradient, může vzniknout podmínka konce nabíjení (pokud se kapacita zvyšuje). Jak ukazuje obr.5B, je tedy prováděn v krocích 240 až 249 výpočet změny teploty a v krocích 250 až 255 výpočet změny napětí.

V kroku 240 je s výhodou snižován časovač (čítač cyklů) pro výpočet změny teploty dT/dt . Tento čítač pro výpočet změny teploty časuje každých 20 sekund, což je kmitočet, kterým je prováděn výpočet změn v teplotě (dT). Tato hodnota je zvolena návrhem a může ležet kdekoli v rozmezí od 10 sec do 120 sec. Jak je naznačeno v kroku 242, je tedy prováděno určení toho, zda uplynul čas časovače dT , to je, zda uběhlo 20 sec. Pokud nikoli, pokračuje v kroku 250 program výpočtem napěťové změny dV . Pokud uplynul čas časovače, je prováděn výpočet změny teploty dT , která je rozdílem mezi současnou hodnotou teploty T a předchozí hodnotou teploty, určenou před 20 sec, jak indikuje krok 245. V tomto kroku je zahrnuto přiřazení současné hodnoty T příští staré hodnotě T . Na závěr je znovunastaven čítač dT 20 sekund. Po provedení výpočtu dT je určeno, zda změna vnitřní teploty překračuje povolenou rychlost, to je, zda existuje poplachová podmínka AL_DTEMP , jak ukazuje krok 247 na obr.5B. Teplotní změna zhruba o velikosti $2^{\circ}K/min$ nebo větší, indikuje poplachovou podmínku AL_TEMP a je-li detekována, je v kroku 249 nastaven příznak podmínky poplachu $DTEMP_ALARM$. Pokud změna vnitřní teploty nepřekročí tuto

povolenou rychlost, pak je příznak poplachové podmínky změny teploty DTEMP_ALARM vymazán, jak je uvedeno v kroku 248. V každém případě proces pokračuje v kroku 250, obr.5B.

V kroku 250 je snižován časovač (čítač cyklů) pro výpočet změny napětí dU/dt . S výhodou tento čítač pro výpočet změny napětí časuje každých 255 sekund, což je kmitočet, kterým je realizován výpočet změny napětí (dU). V kroku 252 je tedy určeno, zda uplynul čas časovače dU , tedy jestli uplynulo 255 sekund. Pokud nikoli, pokračuje program v kroku 260 určením toho, zda bylo dosaženo podmínky napětí konce vybíjení. Jestliže uplynul čas časovače, pak, jak ukazuje krok 255, je proveden výpočet změny napětí dU , který je rozdílem mezi současnou hodnotou napětí U a předchozí hodnotou napětí určenou o 255 sekund dříve. V tomto kroku je zahrnuto přiřazení současné hodnoty U příští staré hodnotě U . Na závěr je znovunastaven čítač dU 255 sekund. Po provedení výpočtu dU se v kroku 260 určí, zda se kapacita snižuje a zda je současné napětí U menší než limitní napětí konce vybíjení (EDV), (běžně 0,9 V/článek), indikující, že vznikla podmínka konec vybíjení EOD_U . Současná hodnota napětí U je tedy porovnána s přednastaveným napětím konce vybíjení ($Uempty$) za účelem určení toho, zda je menší než toto napětí. Existuje-li podmínka konce vybíjení pro napětí, pak je v kroku 262 nastaven příznak EOD_U a je nastaven poplachový příznak ukončení vybíjení, indikující, že baterie dodala veškerý náboj, který může dodat bez poškození. Neexistuje-li podmínka konec vybíjení, pak je příznak EOD_U a poplachový příznak ukončení vybíjení v kroku 264 vymazán. Procedura 200 výpočtu IUT potom končí a výpočet kapacity pokračuje v kroku 165 dle obr.6A.

V kroku 165 rutiny výpočtu kapacity je proveden výpočet průběžného minutového průměrného proudu, používající poslední předchozí měření proudu (I). Pak je v kroku 170, obr.6A určeno, zda je hodnota současného proudu menší nebo rovna samovybíjecímu proudu

I_SELF, který je ve výhodném provedení 3,0 mA, ale může ležet kdekoli v rozmezí od 2,0 do 10,0 mA a představuje limit pro zjištění módu a stavu baterie. Je-li současná hodnota proudu (I) menší nebo rovna samovybíjecímu proudu, pak je určeno, že stav baterie je ve stavu snižování kapacity bez vnějšího odběru. V důsledku toho je nastaven v kroku 175 příznakový bit samovybírání. Je-li současná hodnota proudu větší než samovybíjecí proud (3,0 mA), pak je v kroku 172 příznakový bit samovybírání baterie vymazán. I když je vždy vypočítáván samovybíjecí proud baterie, může být baterie ve stavu zvyšování nebo snižování kapacity a směr proudu je stanoven v kroku 178, obr.6A, za účelem určení současného stavu baterie. Je-li určeno, že proud (I) má kladnou hodnotu, pak je baterie ve stavu zvyšování kapacity (dále CI) a v kroku 180 je nastaven příznak zvyšování kapacity. Je-li určeno, že proud má zápornou hodnotu, pak je baterie ve stavu snižování kapacity (dále CD) a v kroku 182 je nastaven příznak snižování kapacity. Je-li určeno, že kapacita klesá, pak je v kroku 184 provedeno zjištění, zda byl nastaven příznak napětí konce vybíjení (plus hystereze) EOD_UH. Jestliže byl v kroku 184 zjištěn nastavený příznak EOD_UH, indikující, že bylo dosaženo napětí konce vybíjení bateriové sady, nebo byl-li nastaven příznak samovybírání (jak je určeno v kroku 175) nebo jestliže kapacita roste, pak je v kroku 189 určeno, zda byl nastaven příznak znovunastavení kapacity. Pokud ano, pak je v kroku 190 nastavena zbývající kapacita (I_{tf}) za podmínky napětí EOD na hodnotu předpovězené zbytkové kapacity „pd“ získanou z vyhledávací tabulky uvedené na obr.19A. Navíc je v kroku 190 nastaven registr chyb na nulu a je vymazán příznak znovunastavení kapacity. Program pak pokračuje procedurami výpočtu samovybití a integrace proudu. Je-li v kroku 184 určeno, že příznak EOD_UH nebyl nastaven nebo v kroku 189 určeno, že nebyl nastaven příznak uvedení kapacity do výchozího stavu, pak proces pokračuje krokem 192, viz obr.6B.

V kroku 192 z obr.6B je určeno, zda se stav baterie změnil, to je, zda došlo ke změně ze stavu zvyšování kapacity (CI) na stav snižování kapacity (CD) nebo naopak. Za účelem vyvarování se případu chybného počítání cyklu baterie (bude podrobněji vysvětleno níže) nebo nepřesného zjištění kapacity plného nabití způsobeného změnami znaménka proudového impluzu nebo přerušeními tohoto proudu, je zavedena časová konstanta pro změny stavu mezi CI a CD. Tímto způsobem nebudou proudové jehlové impulzy s dobou trvání nižší než je časová konstanta MC_CONST (řádově jedna sekunda) přepínat stav baterie. K vyloučení této situace je v kroku 194 realizován časovací filtr, umožňující provádění měření příhodným způsobem. Není-li detekována změna stavu, je časovač časovacího filtru v kroku 194A uveden do výchozího stavu. V kroku 195 z obr.6B, je časovač pro výpočet samovybíjení snižován. Časovač pro výpočet samovybíjení s výhodou časuje každých 128 sekund, což je kmitočet, kterým je výpočet samovybíjení prováděn. Takto, jak je uvedeno v kroku 196, je provedeno určení, zda uplynul čas časovače samovybíjení, to je, zda uběhlo 128 sekund. Pokud ne, program pokračuje v kroku 401 prováděním procedury integrace proudu 400, jak detailně uvádějí obr.6D až 6G a jak bude dále podrobněji vysvětleno. Pokud čas časovače uplynul, proběhne jak je naznačeno v kroku 300, procedura výpočtu samovybíjení, jak bude dále podrobně vysvětleno. Po provedení výpočtu samovybíjení je časovač výpočtu samovybíjení znovunastaven na 128 sekund, jak ukazuje krok 197 v obr.6B.

Rutina výpočtu samovybíjení

Díky elektrochemické podstatě baterií musí být samovybijecí korekce počítána stále, nezávisle na existenci jakýchkoli nabíjecích nebo vybíjecích proudů. Je to proto, že vždy existuje proudový odběr samovybíjením bez ohledu na to, zda je baterie nabíjena nebo vybíjena a velikost tohoto proudového odběru je funkcí náboje a teploty baterie. Jak je naznačeno v kroku 305 na obr.6C, je intenzita samovybíjení „s“

získána pomocí vyhledávací tabulky jako funkce relativního stavu náboje „soc“ a současné teploty T, viz obr.19B, který ukazuje třírozměrnou grafickou prezentaci samovybíjecího proudu (vertikální osa) jako funkce relativního stavu nabití a teploty baterie. Tyto vyhledávací faktory „s“ pro samovybití udávají předpovězenou intenzitu samovybíjení vztaženou ke konstrukční (nominální) kapacitě a, jak ukazuje obr.19B, množství samovybíjecího proudu roste se vzrůstající teplotou a zvýšenou úrovní stavu nabití baterie. Například při přibližně 65° C a 95% relativního stavu nabití může dosahovat samovybíjecí proud baterie až 30% plné kapacity baterie za den. Velikosti hodnot samovybíjení jsou empiricky odvozeny a budou se měnit v závislosti na chemickém složení baterie a její konstrukci.

V kroku 310 se provede určení, zda je baterie ve stavu zvyšování nebo snižování kapacity. Je-li baterie ve stavu vybíjení, je vypočtena celková velikost poklesu kapacity (díky proudovému odběru) od poslední změny stavu a je uložena v odděleném registru, jak je ukázáno v kroku 315. Jestliže se kapacitu zvyšuje, je program směřován do kroku 320, kde jsou vzaty v úvahu účinky intenzity samovybíjení pro výpočet chyby. Krok 320 je rovněž uskutečňován po výpočtu celkové velikosti poklesu kapacity (díky proudovému odběru) od poslední změny stavu v kroku 315. Pak je v kroku 325 snížen skutečný integrál kapacity „Itf“ intenzitou samovybíjení „s“, což poskytne výraz $\sum I_s \Delta t_s$ v rovnici (1), jak bylo popsáno výše. Potom samovybíjecí procedura končí a je prováděna rutina 400 integrace proudu (obr.6B).

Rutina integrace náboje baterie

Je-li baterie nabíjena, říká se, že je ve stavu zvyšování kapacity (CI), jinak je ve stavu snižování kapacity (CD). Stav CD zahrnuje záložní mód baterie, kdy neprotéká žádný proud přes svorky

baterie. V tomto záložním módu redukuje kapacitu pouze intenzita samovybíjení.

Proud baterie se naprosto přesně integruje jak během stavu nabíjení tak vybíjení. Integrace kapacity sama o sobě je nezávislá na stavu baterie. Jak bude vysvětleno, poskytují vyhledávací tabulky (LUT) nastavovací faktory umožňující přesnější nastavení kapacity. První vyhledávací tabulka LUT (popsána výše) obsahuje faktory proudové účinnosti závislé na relativním stavu nabití baterie, C_{rate} (proudu) a teplotě; druhá vyhledávací tabulka LUT obsahuje intenzity samovybíjení závislé na relativním stavu nabití a teplotě a třetí vyhledávací tabulka LUT s korekcemi zbytkové kapacity závislémi na intenzitě vybíjecího proudu a teplotě udává část plné kapacity, která může být odebrána z baterie ve zmírněných podmínkách poté, co baterie dosáhla podmínky napětí konce vybíjení.

Vývojový diagram pro proces integrace proudu ukazuje obr.6D a 6E. Jak je vidět z obr.6D, prvním krokem procesu integrace proudu je určení velikosti relativního stavu nabití (soc). Relativní stav nabití soc je definován jako skutečná kapacita vyjádřená jako procento kapacity plného nabití (t.j. kapacita baterie, když je tato plně nabitá) a je použit k odhadu množství náboje, zbývajcího v baterii. V kroku 405 je tedy provedeno určení, zda je zbývajcí kapacita větší než nula (0). Je-li zbývajcí kapacita I_{tf} záporné číslo, je plná kapacita nesprávná, musí být zjištěna a hodnota soc je nastavena na nulu (jak je uvedeno v kroku 412 na obr.6D). Jinak se provádí v kroku 410 výpočet soc. Skutečná logika, která je realizována v kroku 410, je definována následovně:

```

pokud ( $I_{tf} > 0$ )
    soc: = ( $x^w I_{tf}$ ) / full_cap
jinak
    soc: = 0

```

kde „x“ je měřítko a je s výhodou ve výhodném provedení rovno 128. Jak bylo dříve popsáno, pokud není zjištěna kapacita úplného nabití baterie, je tato kapacita úplného nabití inicializována jako konstrukční (nominální) kapacita.

Dále, jak je naznačeno v kroku 415 na obr.6D, je vypočtena C_{rate} . Tato C_{rate} je definována jako intenzita při které se za 1 hodinu zdroj energie vyčerpá a je měřena v jednotkách reciprokových hodin. Výpočet C_{rate} v kroku 415 je založen na skutečné hodnotě proudu (I) a současné hodnotě kapacity úplného nabití a má dodatečně upravené měřítko. Poté je v kroku 418 určeno, zda je baterie ve stavu zvyšování kapacity nebo ve stavu snižování kapacity (vybití). Pokud kapacita stoupá, pak je baterie nabíjena a výpočet náboje musí brát v úvahu faktor účinnosti nabíjení, dostupný mikroprocesorem, jak ukazuje obr.19C. Takto je v kroku 420 získán faktor účinnosti nabíjení, který je závislý na současném relativním stavu nabití (soc), C_{rate} a teplotě. Například, jak ukazuje obr.19C, je-li baterie nabita přibližně na 95% plné kapacity a je nabíjena proudem s intenzitou $0,1 C_{rate}$ při teplotě $45^{\circ} C$, faktor účinnosti nabíjení ϵ_c je kolem 0,8. Faktory účinnosti nabíjení jsou empiricky odvozeny a mohou se měnit v závislosti na chemickém složení baterie a její konstrukci. Reprezentace ukázané na obr.19C jsou pro stav nabití baterie na 95% a rozumí se, že hodnoty účinnosti nabíjení se budou značně měnit v závislosti na stavu nabití (zbývající kapacita).

Nakonec je v kroku 435 vypočten vzrůst náboje pro současný časový interval, který bere v úvahu skutečný proud a faktor účinnosti nabíjení za účelem vytvoření výrazu $\epsilon_c \cdot I_c \cdot \Delta t_c$ v rovnici (1). Tato hodnota bude použita ke zvýšení integrace v kroku 445, jak bude vysvětleno níže.

Je-li v kroku 418 určeno, že kapacita klesá, je velikost vybití integrována pro současný cyklus vybití, jak je uvedeno v kroku 422 na

obr.6D. Dále je v kroku 425 určeno, zda byl dříve nastaven příznak samovybíjení (krok 175, obr.6A), indikující, že vybíjecí proud baterie je nižší než 3 mA a že musí být uvažovány pouze procesy samovybíjení. Nebyl-li příznakový bit samovybíjení nastaven, je v kroku 440 proveden výpočet náboje za účelem zvýšení integrace. Konečná integrace je provedena v kroku 445, kde je přírůstek náboje vypočtený buď v kroku 435 nebo 440 připočten ke zbývajícím kapacitě I_{tf} , jak je uvedeno v rovnici (1). Navíc, v kroku 445, je integrován náboj pro výpočet chyby a je rovněž vypočten průběžný součet chyby.

Je-li v kroku 425 určeno, že příznak samovybíjení byl nastaven (krok 175), pak je baterie v samovybíjecím módu (krok 175, obr.6A) bez jakéhokoli vnějšího proudového odběru a je vypočtena zbytková kapacita, jak je uvedeno v kroku 451. Podrobná subrutina 450 výpočtu zbytkové kapacity je ukázána na obr.6E a prvním krokem této rutiny je určení hodnoty zbytkové kapacity baterie. Tato hodnota, která závisí na současné intenzitě C_{rate} a teplotě, je v kroku 453 získána mikroprocesorem z vyhledávací tabulky, uvedené na obr.19A. Například, jak ukazuje obr.19A, při teplotě $-20^{\circ}C$ a proudovém odběru dvakrát C_{rate} ($2C$) bylo empiricky odvozeno, že zbývá přibližně 95% úplné kapacity baterie v okamžiku, kdy je dosaženo napětí konce vybíjení. Při malé zátěži (např. vybíjecí intenzitě $C/10$) při teplotě kolem $23^{\circ}C$, nebude při dosažení napětí konce vybíjení zbývat prakticky žádná zbytková kapacita.

V kroku 455 se určí, zda C_{rate} je větší než horní prahová intenzita vybíjení a zda příznak konce vybíjení (viz krok 262, obr.5B) byl nastaven. Pokud ne, pak je v krocích 440 445 (obr.6D) prováděn výpočet kapacity, jak bylo popsáno výše. Je-li současná intenzita vybíjení vyšší než horní prahová intenzita vybíjení, pak jsou zablokována všechna znovunastavení kapacity, jak je naznačeno v kroku 456 z obr.6E, a krokem 440, obr.6D, pokračuje integrační procedura.

Během pracovního stavu baterie, ať je baterie ve stavu zvyšování (CI) nebo snižování (CD) kapacity, musí být sledovány podmínky konce nabíjení (EOC) a konce vybíjení (EOD). Rutina výpočtu kapacity zobrazená na obr.6A a 6B proto pokračuje určením toho, zda je baterie ve stavu zvyšování nebo snižování kapacity (klidový stav nebo vybíjení), jak je uvedeno v kroku 198, na obr.6B. Zvyšuje-li se kapacita, pak je v kroku 500 provedena rutina pro určení, zda je splněna koncová podmínka CI. Snižuje-li se kapacita, pak je v kroku 600 provedena rutina pro určení toho, zda je splněna koncová podmínka CD.

Dohlížecí rutina pro podmínky konce zvyšování kapacity

Mikroprocesor hybridního integrovaného obvodu vypočítává konec nabíjení jedním ze tří způsobů:

záporná strmost napětí větší než $10 \text{ mV/článek/min} \pm 5 \text{ mV/článek/min}$ při napětí plného nabití; pokud dT/dt , které překročí $0,9^\circ/\text{min} \pm 0,2^\circ/\text{min}$ nebo nejlépe vypočítaný náboj 120% kapacity plného nabití (může ale být v rozmezí od 100% do $150\% \text{ CAP}_{FC}$). Rutina pro určení toho, zda byla dosažena jedna ze spouštěcích podmínek EOC je zobrazena ve vývojových diagramech na obr.7A až 7D.

Je-li určeno, že kapacita se zvyšuje, pak první krok 505 procesu 500 sledování EOC (stav zvyšování kapacity CI) uvedený na obr.7A, je určení toho, zda hodnota relativního stavu nabití baterie (soc) je větší než 20% hodnoty kapacity úplného nabití baterie. Dosáhne-li baterie tuto úroveň kapacity, pak je v kroku 507 vymazán stavový příznak úplného vybití. Jak bude vysvětleno dále, stavový příznak úplného vybití je nastaven je-li určeno, že baterie dodala všechny náboj, který může dodat bez poškození. Dokud baterie nedosáhne tuto úroveň kapacity, stavový příznak úplného vybití zůstává nastaven. Poté, jak je uvedeno v kroku 510, je proveden první způsob detekce spuštění EOC. Tímto prvním způsobem je určení toho, zda byla

splněna podmínka umožňující spuštění dle dT/dt a zda strmost zvýšení teploty dT je větší nebo rovna prahovému limitu indikujícímu podmínku EOC. Ve výhodném provedení je podmínka umožňující spuštění dle dT/dt splněna kdykoli je relativní stav nabití (soc) nad prahovým limitem 50% a je detekována podmínka konce nabíjení, když strmost vzrůstu teploty se zvětší nad prahovou hodnotu zhruba $0,9^{\circ}/\text{min}$. Je nutné se zmínit o tom, že strmost teploty může spouštět EOC, když je detekována v rozmezí od $0,5^{\circ} \text{ C}/\text{min}$ do $12^{\circ} \text{ C}/\text{min}$. Není-li žádná z těchto podmínek splněna, pak je v kroku 540, jak bude dále podrobně vysvětleno, prováděn druhý způsob detekce podmínky EOC, a to určení toho, zda strmost napěťové změny dU/dt je záporná, přičemž hodnota dU/dt musí mít minimální hodnotu a intenzita nabíjecího proudu (C_rate) musí být větší než určitá hodnota. Je-li splněna podmínka umožnění spuštění dle dT/dt a strmost vzrůstu teploty dT je větší nebo rovna prahovému limitu EOC, pak je v kroku 512 určeno, zda je nastaven příznak EOC. Nebyl-li příznak EOC nastaven, musí se zjistit počet článků v bateriové sadě - proces označený jako prvek 700 v obr.7B, který bude popsán níže. Ať je nebo není zjištěn v kroku 700 počet článků v bateriové sadě (jak bude vysvětleno níže), je proveden krok 570, kde:

- a) je nastaven stavový příznak EOC
- b) je nastavena zbývající kapacita na 95% kapacity plného nabití
- c) jsou vymazány registry chyb
- d) je vymazán příznak přeplnění pro výpočet nejistoty
- e) je nastaven stavový příznak úplného nabití, indikující, že baterie dosáhla bodu ukončení nabíjení.

Nakonec algoritmus pokračuje ke kroku 575, obr.7C, kde je nastaven poplachový příznak ukončení nabíjení.

Pokud je splněna podmínka umožňující spuštění dle dT/dt , strmost vzrůstu teploty dT je větší nebo rovna prahovému limitu EOC a příznak EOC byl nastaven (krok 512), pak je v kroku 514 určeno, zda je zbývající kapacita (I_{tf}) větší nebo rovna kapacitě plného nabití. Je-li

tato podmínka splněna, pak je zbývající kapacita nastavena jako rovná kapacitě plného nabití, jak je uvedeno v kroku 520. Kromě toho v kroku 520 jsou vymazány registry chyb a příznak přeplnění pro výpočet nejistoty. Pokud zbývající kapacita (I_{tf}) není větší nebo rovna kapacitě plného nabití (krok 514), pokračuje algoritmus v kroku 575, obr.7C, kde je nastaven poplachový příznak ukončení nabíjení. Ve výhodném provedení musí být poplachový příznak ukončení nabíjení nastaven, když baterie detekuje EOC na kterékoli podmínce spouštění EOC nebo když existuje podmínka překročení teploty, t.j., když $T \geq AL_HI_TEMP$ (krok 228, obr.5A). Jak bylo vysvětleno výše, poplachový příznak ukončení nabíjení může být nastaven spouštěčem 95% plného nabití, což je iniciováno když, je splněna první podmínka spuštění dle teplotní strmosti v kroku 510.

Poté, co je v kroku 520 nastavena zbývající kapacita jako rovná kapacitě plného nabití, pokračuje algoritmus v kroku 530 určením toho, zda je nabíječ baterie stále ještě zapnut. Toto je uskutečněno kontrolou kladného vzrůstu náboje získaného během procesu integrace náboje (viz krok 435, obr.6D). Je-li nabíječ stále zapnut, pak je známo, že tento nabíječ pokračuje v přebíjení baterie a algoritmus musí pozorně sledovat míru přebití baterie. V kroku 532, obr.7A je tedy vypočtena celková míra přebití přičtením vzrůstu náboje k registrům přebití (není zobrazeno). Je nutné poznamenat, že registr přebití není nikdy resetován, takže je v něm udržována celková velikost přebití od doby spuštění systému. Ať je či není napáječ baterie stále zapnut, pokračuje algoritmus do kroku 535, kde je nastaven stavový příznak poplachu přebíjení, indikující, že baterie je nabijena přes indikaci EOC. Nakonec pokračuje algoritmus do kroku 575, obr.7C, kde je nastaven poplachový příznak ukončení nabíjení.

Jak bylo zmíněno výše ve vztahu ke kroku 510, nebyla-li ani splněna podmínka umožňující spouštění dle dT/dt ani není strmost vzrůstu teploty dT větší nebo rovna prahovému limitu EOC, pak je

uskutečněn druhý způsob detekce podmínky EOC v kroku 540, obr.7C. V kroku 540 je určeno, zda:

a) nabíjení je s konstantním proudem, t.j. zda rozdíl mezi hodnotou proudu a průměrnou hodnotou proudu za jednu minutu je nejlépe menší než 50 mA,

b) napěťová změna dU/dt je záporná a je větší než prahová velikost o hodnotě s výhodou 12 mV/min,

c) nabíjecí proud je větší než předem určená intenzita, s výhodou než intenzita C/10.

Pokud není splněna ani jedna ze spouštěcích podmínek EOC dle druhého způsobu, pak je v kroku 545 prováděn třetí způsob detekce podmínky EOC, a to určení toho, zda relativní stav nabití (soc) je nad 120% a proudová intenzita je mezi C/50 a C/5. Je nutno poznamenat, že podmínka EOC může být spuštěna, je-li relativní stav nabití (soc) detekován v rozmezí od 100% do 160%. Jsou-li splněny všechny spouštěcí podmínky EOC dle druhého nebo třetího způsobu, pak je v kroku 550, obr.7C provedeno určení zda byl nastaven příznak EOC. Jsou-li splněny spouštěcí podmínky EOC buď druhého nebo třetího způsobu a příznak EOC byl nastaven (krok 550), pak je v kroku 555 nastaven stavový příznak úplného nabití, indikující, že baterie dosáhla bodu ukončení nabíjení. Potom proces pokračuje v kroku 520, obr.7A tím, že hodnotě zbývající kapacity přiřadí hodnotu kapacity úplného nabití, jak bylo popsáno výše. Nebyl-li příznak EOC nastaven, pak musí být zjištěn počet článků - proces označený jako prvek 700, který bude popsán níže. Je-li proces zjištění počtu článků v baterii dokončen, pak je v kroku 551 nastaven stavový příznak EOC a v kroku 555 je nastaven stavový příznak úplného nabití, indikující, že baterie dosáhla bodu ukončení nabíjení a algoritmus pokračuje v kroku 520, popsaném výše. Není-li splněna žádná ze spouštěcích podmínek EOC, procedura 500 detekce EOC končí a pokračuje výpočet kapacity (obr.6B).

Alternativně bude dosažena spouštěcí podmínka dle $-dU$ když se určí, že kapacita baterie roste, $dU > DU_MIN$, kde DU_MIN je předem určená hodnota rovná počtu článků v bateriové sadě vynásobená 10 mV, proud je určen jako konstantní a intenzita nabíjení je vyšší než 0,3C. Nabíjecí proud je považován za konstantní pokud $|I - I_avg| < 50 \text{ mA}$ a $|I - I^{-1}| < 50 \text{ mA}$, kde I^{-1} je předchozí hodnota měření proudu. Konstantnost nabíjení baterie může být vypočítána navíc nebo místo kroků 250 a dalších z výpočetní rutiny IUT obr.5B, kde může být způsob výpočtu $-dU$ prováděn bez časové závislosti.

Rutina zjišťování počtu článků

Jak bylo výše popsáno, může se vyskytnout mimořádná ztráta napájení při které je ztracen veškerý obsah paměti RAM. V takovéto situaci je zapotřebí znovu zjistit počet článků v bateriové sadě. Lepší než naprogramování počtu článku pro konkrétní modul baterie do paměti ROM integrovaného obvodu typu ASIC, je zjištění počtu článků, aby bylo možné konfigurovat integrovaný obvod typu ASIC s jinými bateriovými sadami majícími rozdílný počet článků. Znovuzjištění počtu článků je indikováno bitem (CALIBRATED bit) v registru AL_STATUS, který udává, zda musel být znovu zjištěn počet článků. Ve výhodném provedení je toto jednoduše provedeno použitím napětí změřeného na svorkách bateriové sady poté co je splněna podmínka EOC, jak bylo popsáno výše.

Prvním krokem 705 v postupu 700 zjišťování počtu článků uvedeném na obr.7D je určení toho, zda je bateriová sada nekalibrovaná, to je, zda CALIBRATE bit v registru AL_STATUS indikuje, že má být zjištěn počet článků. Pokud je tomu tak, je v kroku 710 určeno, zda je konvertovaná hodnota napětí U (mV), změřená v kroku 210, obr.5A, během výpočtu IUT, větší než 11 V. Pokud ano, pak se usuzuje, že bateriová sada má devět článků a počet článků je v kroku 720 nastaven na devět. Pokud hodnota změřeného napětí U není

větší než 11 V, je v kroku 715 určeno, zda je toto napětí větší než 7,5 V. Pokud ano, usuzuje se, že bateriová sada má šest článků a v kroku 725 je počet článků nastaven na šest. Není-li hodnota změřeného napětí U větší než 7,5 V, usuzuje se, že počet článků bateriové sady je čtyři a v kroku 730 je počet článků nastaven na čtyři. Poté co je stanoven počet článků, je nastaveno U_{empty} závěrní napětí při EOD na hodnotu rovnou počtu článků násobených ve výhodném provedení pracovním napětím baterie 1,02 V, jak je uvedeno v kroku 740 na obr.7D.

Dohlížecí rutina pro podmínky konce snižování kapacity

Jak bylo v předchozím zmíněno, rutina 151 výpočtu kapacity v kroku 198 určuje, zda je baterie ve stavu zvyšování nebo snižování kapacity (klidový stav nebo vybíjení). Je-li určeno, že se kapacita snižuje, pak prvním krokem 605 procesu 600 sledování EOD (stav snižování kapacity - CD stav) znázorněného na obr.8A a 8B, je určení toho, zda současné měření napětí (U) je větší než napětí konce vybíjení (EDV) a nějaká hystereze. Je-li dosaženo napětí EDV, je to indikace toho, že má být vybíjení zastaveno, aby se baterie ochránila od poškození. Typicky je napětí EDV rovno 1,02 V/článek. Je-li získané napětí větší než toto napětí EDV, pak je v kroku 610 nastaven příznak indikující, že toto napětí je větší než napětí EDV plus hystereze. Není-li toto napětí větší než napětí EDV plus hystereze, pak je v kroku 612 tento příznak vymazán. Dále, jak ukazuje krok 613, jsou vymazány poplachové příznaky konec nabíjení a přebíjení, protože se kapacita snižuje.

V kroku 615 je provedeno určení toho, zda je zbývající kapacita menší než vypočtená chyba (t.j. nejistá kapacita). Je-li zbývající kapacita (I_{tf}) menší než tato vypočtená chyba, pak to indikuje, že bateriová sada nemá žádnou další kapacitu a je plně vybita. V důsledku toho je v kroku 618 nastaven stavový příznak

FULLY_DISCHARGED a proces pokračuje krokem 619. Existuje-li zbývající kapacita, pak není příznak FULLY_DISCHARGED nastaven a proces pokračuje krokem 619, kde je určen relativní stav nabití. Klesne-li tento relativní stav nabití (soc) pod jistou hodnotu hystereze, s výhodou pod hodnotu kolem 80% kapacity plného nabití, pak je stavový příznak FULLY_DISCHARGED vymazán, jak je uvedeno v kroku 620. Ať je nebo není stavový příznak FULLY_DISCHARGEDF vymazán, proces pokračuje kroky 625 a 630, kde je aktualizován počet čítaných cyklů. V kroku 625 je určeno, zda je vymazán příznak načítání cyklů a zda kapacita klesla o 15% jmenovité kapacity. Pokud se vyskytly tyto dvě události v kroku 625, pak registr načítání cyklu, obsahující hodnotu počtu nabití a vybití baterie (není zobrazeno), bude v kroku 630 zvýšen a bude nastaven příznak načítání cyklu. Je třeba rozumět, že ve výhodném provedení bude počet cyklů zvýšen ať je nebo není baterie plně či částečně nabita. Ať je či není zvýšen registr načítání cyklu, proces pokračuje v kroku 640, kde je provedena kontrola toho, zda je nastaven EOD příznak a zda je resetovací příznak vymazán. Není-li buď EOD příznak nastaven nebo není-li resetovací příznak vymazán, pak dohlížecí rutina 600 koncové podmínky končí. Je-li příznak EOD nastaven a resetovací příznak je vymazán, pak se v kroku 645 určí, zda byl nastaven příznak EOC (konec nabíjení) a zda chybová hodnota (nejistá kapacita) je menší než 8% jmenovité kapacity. Jsou-li tyto podmínky splněny, pak je v kroku 650 zjištěna hodnota kapacity plného nabití. Kdykoli baterie vykonala úplný cyklus a dosáhla spouštěcího bodu EOC a bodu EOD a nejistá kapacita je pod hodnotou 8% jmenovité kapacity, je v kroku 650 znovunastavena kapacita úplného nabití podle vzorce:

$$\text{full_cap} = \text{full_cap} + \text{full_cap} * \text{pd}/256 - \text{I}t_f ,$$

kde „pd“ je předpovězená hodnota korekce zbytkové kapacity dosažitelná ve vyhledávací tabulce z obr.19A, závislá na intenzitě vybíjecího proudu a teplotě. Dělitel 256 zajišťuje celočíselnou změnu měřítka „pd“. Smyslem tohoto vzorce je záměna zbývající kapacity (I_tf)

zbytkovou kapacitou z vyhledávací tabulky, která obsahuje zlomky kapacity úplného nabití (Poznámka: získaná zbytková kapacita je vypočítána z kroku 451 procesu integrace náboje, obr.6D). Je-li dosaženo bodu EOD s menším výstupem kapacity než v dřívějším cyklu, bude množství zbývající kapacity (Itf) při EDV vyšší (menší vybitá kapacita ve srovnání s akumulovanou nabitou kapacitou). Kapacita úplného nabití bude redukována rozdílem Itf ve srovnání s předchozím cyklem, takže se tímto zjišťovacím krokem vezme v úvahu stárnutí baterie. Je-li baterie použita v několika cyklech částečného nabití/vybití bez dosažení bodu EOC nebo EOD, může se chyba výpočtu akumulovat na velký rozdíl mezi reálnou kapacitou a vypočtenou zbývající kapacitou (Itf). Algoritmus (MaxError()), který bude podrobně vysvětleno níže, vypočítává maximální možnou chybu (nejistotu) během své činnosti stejně přesně jako je sama integrace kapacity na základě procentuální chyby pro každý pracovní mód. Nejistota je nastavena na nulu v každém bodě EOC a EOD. Nejistota nad 8% zablokuje znovunastavení úplné kapacity. Kromě toho jsou-li splněny podmínky v kroku 650, je vymazán příznak EOC, indikující, že byla znovunastavena kapacita úplného nabití. Po znovunastavení kapacity úplného nabití (krok 650), nebo je-li určeno, že chyba nejistoty je větší než předem specifikovaná hodnota 8%, nebo není-li nastaven příznak EOC, pokračuje algoritmus do kroku 655.

V kroku 655 se určí zda je C_rate při spouštěcí podmínce EDV (napětí konce vybíjení napětí) rovna nule nebo zda je současná C_rate menší než C-rate při spouštěcí podmínce EDV a zda není zablokováno znovunastavení kapacity. Je-li některá z těchto podmínek splněna, je současný proud při spouštěcí podmínce EOD nastaven na současnou C_rate, hodnota zpožděného znovunastavení kapacity je nastavena jako rovna současné hodnotě zbytkové kapacity a v kroku 660 jsou nastaveny příznaky pro zpoždění znovunastavení kapacity po EOD. Nejsou-li splněny obě podmínky z kroku 655, pak dohlížecí rutina 600 koncových podmínek končí. Jak je uvedeno na obr.6A rutiny 151

výpočtu kapacity, nevyskytlo-li se spuštění EOC a EOD, pak výpočet kapacity končí.

Sběrnice řízení systému a rozhraní sběrnice

Jak bylo výše popsáno, a jak je ukázáno na obr.2A a 2B, pro komunikaci uvnitř konfigurace obsahující integrovaný obvod typu ASIC 32, baterii 10, hostitelský počítač 16 a inteligentní nabíječ 22 používá bateriový modul 28 modifikované rozhraní sběrnice Philips I²C. Jak bylo dříve zmíněno, požadavky jdou buď z hostitelského počítače k baterii, z nabíječe k baterii nebo z baterie buď k hostitelskému počítači nebo k nabíječi. Příkladem typické komunikace mezi baterií a nabíječem může být zapnutí nebo vypnutí nabíječe nebo požadavek na určitou nabíjecí intenzitu. Hostitelský počítač může vyžadovat informace o baterii, jako je stav baterie nebo poplachové podmínky baterie jako je minimální kapacita nebo překročení teploty. Řídící obvod 75 sběrnicového rozhraní řídí všechny požadavky a poplachové podmínky přes dva sériové porty SMBCLK a SMBDATA po sběrnici řízení systému.

Když baterie 10 potřebuje informovat hostitelský počítač o poplachové podmínce nebo nabíječ baterie o žádoucím nabíjecím napětí nebo proudu, chová se baterie jako hlavní jednotka sběrnice se schopnostmi zápisu. Baterie bude provádět vyhodnocení žádosti z mikroprocesoru 50, kontrolu, zda je sběrnice řízení systému volná, generaci spouštěcího bitu a vyslání adresy napáječe baterie nebo hostitelského počítače, kontrolu, zda byl z nabíječe nebo hostitelského počítače vyslán bit ACK a podání zprávy mikroprocesoru, vyslání dat přivedených z mikroprocesoru na sběrnici a kontrolu bitu ACK a generaci závěrného bitu při konci přenosu.

Když je baterie 10 požádána hostitelským počítačem, aby mu poskytla informaci, jak bude vysvětleno níže, chová se baterie jako podřízená jednotka sběrnice se schopnostmi čtení a zápisu. Například

během trvalé činnosti může hostitelský počítač požadovat nějaké informace z baterie a formulovat požadavek. Obr.9 představuje algoritmus software kompatibilní s protokolem rozhraní sběrnice řízení systému pro zajištění komunikace mezi vnějším zařízením (hostitelský počítač nebo nabíječ baterie) a baterií, která se k tomuto zařízení chová jako podřízená jednotka.

První krok 750 v obr.9 je dekodování povelového kódu, který byl vyslán vnějším zařízením. Ilustrativní povelové kódy jsou probrány níže a každý typicky vyžaduje, aby byly přeneseny dva byty dat, což je označeno jako proměnná „počet“. Další krok, označený jako krok 752, je určení toho, zda vyslaný povelový kód je platný, rozpoznatelný povelové slovo. Pokud ne, je v kroku 755 nastaven bit nepodporovaného povelu a přenos je ukončen, jak je naznačeno v kroku 758A na obr.9. Je-li povel podporován, baterie provede v kroku 759 vnitřní kontrolu za účelem určení toho, zda se vyskytla chyba.. Je-li nalezena vnitřní chyba, pak algoritmus vstoupí do časové smyčky, která pokračuje v kontrole vnitřního příznaku dokud není chyba potvrzena nebo neuplyne časový interval časovače (není zobrazeno). Toto je naznačeno v kroku 761. Je-li v kroku 759 nalezena správná hodnota, bude algoritmus pokračovat v kroku 764 určením, zda dekodovaný povelový kód požaduje funkci čtení nebo zápisu. Uplynul-li časový interval časovače, nebo je potvrzena chyba v kroku 761, pak je v kroku 763 nastaven příznak neznámé chyby a softwarový přenos je v kroku 758B ukončen.

Pracuje-li baterie jako podřízená jednotka, bude provádět buď funkci čtení nebo zápisu. V kroku 764 se určí zda vstupní povelový kód (krok 750) je čtecí nebo zápisový povel. Jedná-li se o čtecí povel, určí se v kroku 765 zda má baterie provádět výpočet jak je požadováno vnějším zařízením a vrátit hodnotu, kterou má toto vnější zařízení číst. Příklady výpočtů prováděných baterií v odezvě na dotaz (např. AvgTimeToEmpty ()) z hostitelského zařízení jsou detailněji

popsány níže. Mikroprocesor baterie bude pokračovat v kroku 768 ve výpočtech a bude navracet hodnotu dat na specifikované adresové místo jak udává rutina čtecího bloku v kroku 800 a jak je podrobně vysvětleno níže. Určí-li seli v kroku 765, že nemá být prováděn výpočet (například je požadována pouze hodnota napětí), bude algoritmus pokračovat k rutině 800 čtecího bloku, jak ukazuje obr.9.

Je-li v kroku 764 určeno, že má být prováděna zápisová funkce, kdy má být zapsána hodnota dat z vnějšího zařízení na adresové místo baterie (například prahová hodnota AL_REM_TIME), pak musí být provedena kontrola oprávnění zápisového bloku za účelem určení, zda může vnější zařízení uskutečnit zápisovou funkci. Toto je naznačeno v kroku 771, kde je kontrolována platnost hesla. Není-li zkontrolované heslo oprávněným heslem, bude přístup odmítnut, jak je uvedeno v kroku 774, vnější zařízení nebude moci provést zápisovou funkci a v kroku 758B softwarový přenos ukončí. Je-li vnější zařízení oprávněno zapsat data na adresu baterie, pak zařízení запиše hodnotu dat na předem specifikovaná adresová místa, jak je naznačeno rutinou zápisového bloku v kroku 775 a jak bude podrobně popsáno níže.

Komunikace od hostitelského zařízení k inteligentní baterii

Tento druh komunikace přenáší data z baterie buď k uživateli (například hostitelského počítače) nebo k systému hospodaření s energií vnějšího zařízení. Uživatel může získat buď faktické údaje, jako jsou charakteristické údaje baterie (Voltage (), Temperature (), charge/discharge Current (), AverageCurrent () atd.) nebo předpovědní (vypočítané) údaje, jako je zbývající doba života baterie při současné intenzitě odběru nebo jak dlouho bude trvat nabití baterie.

Následující řídicí povely představují informace poskytované baterií, jsou-li požadovány hostitelským zařízením nebo hostitelským počítačem:

Funkce `RemainingCapacity ()` vrací zbývající kapacitu baterie a je číselnou indikací zbývajícího náboje. V závislosti na bitu módu kapacity vrátí funkce `RemainingCapacity` hodnotu v mAh nebo 10 mWh. Navrácená hodnota je vypočítána následovně:

$$I_{tf} [Ah] - I_{tf_err} [mAh],$$

kde chyba nejistoty `Itf_err` je odečítaná hodnota a výstupní hodnota je nastavena na 0, jestliže ($|I_{tf}| < |I_{tf_err}|$).

Funkce `RemainingCapacityAlarm ()` nastavuje nebo vyhledává prahovou hodnotu nízké kapacity `AL_REM_CAP` (popsáno výše) pro poplach nízké kapacity v paměti RAM. Klesne-li `RemainingCapacity ()` pod hodnotu `AL_REM_CAP`, vyše baterie hostitelskému zařízení zprávy `AlarmWarning ()` s nastaveným bitem `REMAINING_CAPACITY_ALARM`. Při výrobě je hodnota `AL_REM_CAP` nastavena na 10% konstrukční kapacity a zůstane nezměněna dokud se nezmění funkcí `RemainingCapacityAlarm ()`. Tato funkce je použita jakýmkoli hostitelským systémem, který si přeje znát kolik energie bude potřeba k uložení jeho pracovního stavu. To umožňuje hostitelskému systému jemněji řídit bod, ve kterém přejde do záložního nebo „klidového“ módu.

Funkce `RemainingTimeAlarm ()` nastavuje nebo vyhledává poplachovou hodnotu `AL_REM:TIME`. Když odhadnutý zbývající čas při současné intenzitě vybíjení tak, jak je vypočten pomocí funkce `Average TimeTo Empty ()` klesne pod hodnotu `AL_REM_TIME`, vyše baterie hostitelskému zařízení zprávy `AlarmWarning ()` s nastaveným bitem `REMAINING_TIME_ALARM`. Hodnota `AL_REM_TIME` o velikosti 0 fakticky zablokuje tento poplach a tato hodnota je při výrobě nastavena na 10 minut. Funkce `FullChargeCapacity ()` vrací předpovězenou kapacitu bateriové sady když je tato plně nabitá a je vyjádřena v mAh nebo 10mWh v závislosti na nastavení bitu `CAPACITY_MODE`

(diskutováno níže). Tato informace, současně s informací o původní kapacitě (Design Capacity ()) baterie, může být uživateli prezentována jako indikace opotřebení baterie. Funkce DesignCapacity () vrací teoretickou kapacitu nové bateriové sady, která při porovnání s hodnotou, kterou vrací funkce FullChargeCapacity () poskytne indikaci opotřebení baterie. Tato informace je užitečná pro hostitelské zařízení nebo hostitelský počítač pro regulaci jeho postupu hospodaření s energií.

Funkce AtRate () je první polovinou souboru volání dvou funkcí, použitou pro nastavení hodnoty AtRate použité ve výpočtech založených na kapacitě prováděných funkcemi AtRateTimeToFull (), AtRateTimeToEmpty () a AtRateOK ().

Je-li hodnota AtRate kladná, vrací funkce AtRateTimeToFull () předpovězený čas, s výhodou v minutách, k úplnému nabití baterie při hodnotě nabíjení AtRate (tato hodnota je v mA). Vzorec výpočtu se řídí rovnicí (2):

$$\text{čas} := 60 * \frac{(\text{full cap [mAh]} - \text{I}_{\text{tf}} [\text{mAh}])}{|\text{AT_RATE}|} \quad (2),$$

kde „čas“ je vracená hodnota v minutách.

Funkce AverageTimeToFull () vrací předpovězený zbývající čas v minutách do úplného nabití baterie při proudu stejném, jako je průběžný průměr z poslední minuty I_avg. Vzorec výpočtu se řídí rovnicí (3):

$$\text{čas} := 60 * \frac{(\text{full cap [mAh]} - \text{I}_{\text{tf}} [\text{mAh}])}{\text{I_avg}} \quad (3),$$

kde „čas“ je vracená hodnota v minutách.

Je-li hodnota AtRate záporná, funkce AtRateTimeToEmpty () vrací předpovězený čas činnosti, s výhodou v minutách, při hodnotě vybíjení baterie AtRate, do vyčerpání baterie (EDV podmínka). Vzorec výpočtu se řídí rovnicí (4):

$$\text{čas} = 60 * \frac{(\text{I}t\text{f} [\text{mAh}] - \text{full_cap} [\text{mAh}] * \text{pd_at_rate}/256 - \text{I}t\text{f_err} [\text{mAh}])}{|\text{AT_RATE}|} \quad (4),$$

kde „čas“ je vracená hodnota v minutách, hodnoty |AT_RATE| a pd_at_rate jsou vypočítány funkcí AtRate () kde pd_at_rate představuje zbývající kapacitu (zlomek full_cap) a je dělena hodnotou 256 za účelem úpravy měřítka této hodnoty do zlomku. Itf_err je chyba nejistoty, jak je vysvětleno níže.

Je-li hodnota AtRate záporná, funkce AtRateOK () vrací Booleovskou hodnotu, která předpovídá schopnost baterie dodávat přídatnou vybíjecí energii o hodnotě AtRate po dobu 10 sekund, to znamená, že baterie může bezpečně dodávat dostatek energie pro přídatné zatížení poté, co hostitelský počítač nastaví hodnotu AtRate.

Funkce RunTimeToEmpty () vrací předpovězenou zbývající dobu života baterie při současné intenzitě vybíjení (min) a je vypočítána na základě proudu nebo výkonu v závislosti na nastavení bitu CAPACITY_MODE (bude diskutováno dále). Hodnota vracená touto funkcí může být použita hostitelským PC nebo systémem hospodaření s energií zařízení pro získání informací o relativních ziscích nebo ztrátách ve zbývající době života baterie v odezvě na změnu v energetickém režimu. Vzorec výpočtu se řádá rovnicí (5):

$$\text{čas} = \frac{60 * (\text{I}t\text{f} [\text{Amh}] - \text{full_cap} [\text{mAh}] * \text{pd}/256 - \text{I}t\text{f_err}(\text{mAh}))}{|\text{I}| [\text{mAh}]} \quad (5),$$

kde „čas“ je vracená hodnota v minutách a bere v úvahu kapacitu zbývající v baterii za EDV, která může být odebrána pouze při redukci zátěže. I je proud, $pd = pd(C_rate(I), T)$ a tak jak je vypočítána v algoritmu výpočtu kapacity, představuje pd zbývající kapacitu (zlomek $full_capacity$). Tato hodnota je dělena 256 pro získání zlomku. Itf_err je chyba nejistoty, jak je vysvětleno dále.

Funkce `AverageTimeToEmpty ()` vrací jednominutový průběžný průměr zbývající doby života baterie (v minutách) a je vypočteno buď na základě proudu nebo výkonu. Tato funkce zajišťuje průměrování okamžitých odhadů a tím zajišťuje stabilnější zobrazení informace o stavu nabití. Vzorec výpočtu se řídí rovnicí (6):

$$\text{čas} = \frac{60 * (Itf [mAh] - full_cap [mAh] * pd_avg / 256 - Itf_err [mAh])}{I_avg [mA]} \quad (6),$$

kde „čas“ je vracená hodnota v minutách, I_avg je aktualizován každých 0,5 sec, $pd_avg = pd(C_rate(I_avg), T)$ a je vypočítávána v rutině řízení poplachu o jeden cyklus dříve a představuje předpovězenou zbytkovou kapacitu (zlomek $full_capacity$). Tato hodnota je dělena 256 pro získání zlomku s upraveným měřítkem. Itf_err je chyba nejistoty, jak je vysvětleno dále.

Obr.20 zobrazuje dva grafy napětí v závislosti na čase, a a b, porovnávající vypočtené charakteristiky kapacity baterie při různých intenzitách vybíjecího proudu pro bateriovou sadu s 6 články. Jak je vidět z grafu a na obr.20, napětí se bude v krátkém čase rychle snižovat až do podmínky konce vybíjení, jestliže je k baterii připojena

zátěž, představující vybíjecí intenzitu 2C, při které baterie poskytne přibližně 1,554 Ah (ampérhodin). Jestliže se zátěž významě sníží na vybíjecí intenzitu C/5, napětí bateriové sady se značně zvýší, čímž se prodlouží doba života baterie na takovou dobu, že baterie poskytne dalších 0,816 Ah. Graf b, který má jiné časové měřítko než graf a, ukazuje, že při vybíjení při C_rate je možno získat přibližně 2,307 Ah. Jestliže se zátěž sníží na jednu polovinu C_rate, zvýší se mírně napětí baterie a dá se předpovědět, že doba života baterie se prodlouží o takovou dobu, že může poskytnout dalších 0,078 Ah do dosažení napětí konce vybíjení.

Jak bylo zmíněno výše, některé výpočty jsou závislé na hodnotě nejisté kapacity, to je na maximální možné chybě dosažené během výpočtu kapacity. Funkce MaxError () vrací skutečnou nejistotu ve výpočtu kapacity v procentech. Výstup 20% z funkce MaxError () znamená, že skutečná hodnota může být v rozmezí 10% pod a 10% nad vypočtenou kapacitou. Většina výpočtů na rozhraní sběrnice řízení systému již chybu nejistoty odečítá, takže chyba bude -0/ + MaxError (%). Nejistota je nastavena na nulu algoritmem výpočtu kapacity při podmínkách EOC a EOD, jak bylo vysvětleno výše. Výpočty se provádějí následovně:

$$\text{Itf_err} = \frac{\text{Itf_err_C_D} * \text{EPS}/256 + \text{Itf_err_S} * \text{EPS}}{256}$$

$$\text{max_error} = 2 * 100 * \text{Itf_err [mAh]} / \text{full_cap [mAh]}$$

kde Itf_err_C_D je vždy kladný akumulovaný náboj během nabíjecího a vybíjecího módu; Itf_err_S je akumulovaný náboj procesu samovybíjení. Protože samovybíjení se vyskytuje trvale, dokonce během nabíjení, je tato akumulace prováděna neustále za použití vyhledávací tabulky závislosti na relativním stavu nabití (soc) a teploty. Oba akumulátory jsou vynulovány při podmínkách EOC a EOD. EPS je

chybová část výpočtu kapacity při nabíjení nebo vybíjení, zejména z LUT a z měření A/D s použitím měřítka 256. EPS_S je chyba integrace náboje samovybíjení jako zlomek. Jestliže nebude baterie v několika cyklech plně nabitá nebo vybitá a bude zablokován zjišťovací mód plné kapacity, nejistota se bude zvyšovat nežádoucím způsobem.

Funkce CycleCount () vrací počet nabíjecích/vybíjecích cyklů, které baterie prodělala. Cyklus se započítá při každém zmenšení náboje o 15% konstrukční kapacity po posledním nabíjení, což nemusí být plné nabíjení.

Další registry obsažené v paměťovém schématu DBOS je registr BatteryMode (), který je použit pro volbu různých pracovních módů baterie. Registr BatteryMode () je například definován tak, že obsahuje bit CAPACITY_MODE, který je nastaven pro určení toho, zda informace o kapacitě mají být vysílány v jednotkách mAh nebo v mWh (miliwathodiny). Tento bit dovoluje systémům hospodaření s energií co nejlépe přizpůsobit jejich elektrické charakteristiky těm, které jsou hlášeny baterií. Například spínací napájecí zdroj představuje zátěž s konstantním výkonem, zatímco lineární zdroj je lépe reprezentován modelem s konstantním proudem. Registr BatteryMode () kromě toho obsahuje bit CHARGER_MODE, který je nastaven pro specifikaci toho, zda mají být hodnoty nabíjecího napětí a nabíjecího proudu vysílány do nabíječe 22 inteligentní baterie (obr.1), když tato inteligentní baterie požaduje nabíjení. Tento bit dovoluje hostitelskému PC nebo nabíječi potlačit nabíjecí parametry požadované inteligentní baterií tím, že zablokuje vysílání nabíjecího proudu a nabíjecího napětí inteligentní baterií.

Další funkce vypočítávaná na základě kapacity je funkce BatteryStatus (), která je používána systémem hospodaření s energií hostitelského zařízení nebo PC pro získání poplachových a stavových bitů, stejně jako chybových kódů z baterie. Tato funkce vrací příznaky

stavového slova baterie včetně bitů poplachových výstrah, jako jsou OVER_CHARGED_ALARM, TERMINATE_CHARGE_ALARM, DTEMP_ALARM, OVER_TEMP_ALARM, TERMINATE_DISCHARGE_ALARM, REMAINING_CAPACITY_ALARM, REMAINING_TIME_ALARM a stavové bity včetně INITIALIZED, DISCHARGING, FULLY_CHARGED a FULLY_DISCHARGED.

Pomocné funkce, které je baterie 10 schopna provádět zahrnují: funkce SpecificationInfo () pro poskytnutí čísla verze specifikace inteligentní baterie, kterou bateriová sada podporuje; funkce ManufactureDate (), která poskytuje systému informaci, kterou je možno použít pro jednoznačnou identifikaci konkrétní baterie; funkce SerialNumber (), která poskytuje informaci pro identifikaci konkrétní baterie; funkce ManufacturerName () vracející jméno výrobce inteligentní baterie; funkce DeviceName () vracející znakový řetězec, který obsahuje i jméno baterie; funkce DeviceChemistry () vracející znakový řetězec, který obsahuje chemické složení baterie; funkce ManufacturerData () umožňující přístup k údajům výrobce (například kód šarže, počet cyklů hlubokého vybití, způsoby vybíjení, nejhlubší vybití atd.) obsažených v baterii.

Rutina zápisového bloku

Jak bylo zmíněno výše, může baterie přijímat data z vnějšího zařízení pro použití ve výpočtu řídicích příkazů nebo jako prahovou hodnotu poplachu. Zápisový blok 775, zobrazený na obr.10, řídí tento přenos dat do baterie. Nejprve se v kroku 776 určí, zda datová hodnota, která se má číst z vnějšího hostitelského zařízení, má větší délku než dva byte. Ve výhodném uspořádání bude většina řídicích příkazů zapisovat do baterie datovou hodnotu, která je dlouhá dva byte. Jsou-li data delší než dva byte, t.j., je-li hodnota čítání „count“ > 2, je nastavena v kroku 778 proměnná „w“ tak, že se rovná počtu adresových míst vyhrazených pro data s odpovídající délkou podle počtu bytů.

Potom se v kroku 780 určí, zda před tím určená hodnota čítání „count“ byla nastavena tak, že se rovná počtu přidělených paměťových míst. Není-li tomu tak, je v kroku 790 nastaven chybový příznak, indikující, že má být vysláno nadměrné množství dat neboli, že není dostatek přidělených míst pro příjem dat. Jestliže před tím určená hodnota čítání „count“ byla nastavena jako rovna počtu přidělených adresových míst, program přejde do smyčky, naznačené v krocích 781, 783, 785, kde každý byte dat je postupně zapsán přes sběrnici I²C do adresového místa baterie [Adr] (krok 783). Po vyslání každého bytu je čítač počtu bytů snížen a adresové místo, do kterého má být zapsán další datový byte, je zvětšeno. Dokud se hodnota čítání „count“ nerovná nule, což indikuje, že poslední byte dat byl přenesen do baterie, jak je vidět v kroku 785, bude smyčka pokračovat v kroku 781, kde se určuje, zda baterie přečetla každý datový byte (RDVAL = 1) vyslaný vnějším zařízením a indikuje se, že datový byte byl přenesen úspěšně. Byl-li po přenosu každého bytu přijat potvrzovací příznak čtení, pokračuje smyčka krokem 783, dokud není vyslán poslední byte dat. Nebyl-li přijat potvrzovací příznak čtení, je možné, že se objevila chyba a program pokračuje krokem 782, kde se určí, zda se objevila chyba sběrnice nebo časová prodleva. Pokud nenastal ani jeden z těchto případů, pokračuje program krokem 787, kde se určí, zda hlavní jednotka sběrnice ukončila přenos. Ukončila-li hlavní jednotka sběrnice přenos, je v kroku 790 nastaven chybový příznak, indikující, že se přenáší nadměrné množství dat a přenos je v kroku 795 ukončen. Jestliže hlavní jednotka sběrnice neukončila přenos, bude systém pokračovat hledáním příznaku RDVAL dokud neuplyne časový interval (krok 782) vnitřního časovače komunikace s výměnou potvrzení (není zobrazen) a není nastaven příznak neznámé chyby a přenos ukončen, jak je vidět v krocích 792 a 795. Z obr.10 vyplývá, že v některých případech má být čteno pevné dvoubytové datové slovo, jak je naznačeno v kroku 776 a algoritmus pokračuje přímo do kroku 783, kde je baterií čten první datový byte do prvního adresového místa baterie.

Po přijetí posledního datového bytu, jak je znázorněno v kroku 786, se určí, zda byl přijat příznak závěrného bytu z hlavní jednotky modifikované sběrnice I²C, což indikuje konec řízení sběrnice vzhledem ke skutečnosti, že vnější zařízení nebude vysílat žádná další data. Po přijetí závěrného bytu je zápisový blok opuštěn. Nebyl-li přijat závěrný byte, je možné, že se objevila chyba a program pokračuje krokem 788, kde se určí, zda se objevila chyba sběrnice nebo časová prodleva. Objevila-li se chyba nebo časová prodleva, pokračuje program nastavením příznaku neznámé chyby a přenos je ukončen, jak je vidět z kroků 792, 795. Nenastal-li žádný z těchto případů, pokračuje program krokem 789, aby určil, zda byl nastaven příznak RDVAL pro indikaci toho, zda byl poslední datový byte úspěšně přečten. Jestliže byl úspěšně přečten, je to indikace toho, že vnější zařízení ještě neskončilo vysílání dat nebo že nebyl přidělen dostatek adresových míst, v kroku 790 se nastaví chybový příznak a přenos se v kroku 795 ukončí. Jestliže byla v kroku 789 úspěšně přečtena poslední hodnota dat, bude proces pokračovat hledáním závěrného bytu z hlavní jednotky modifikované sběrnice I²C v kroku 786 dokud buď neuplyne časový interval vnitřního časovače komunikace s výměnou potvrzení (není zobrazen) nebo dokud se neobjeví chyba (krok 788).

Rutina čtecího bloku

Jak bylo zmíněno výše, vrací baterie vypočtené nebo změřené datové hodnoty do specifikovaného adresového místa, jak je znázorněno rutinou 800 čtecího bloku, zobrazenou na obr.11. V kroku 802 se nejprve určí, zda datová hodnota, která má být zapsána do hostitelského zařízení je delší než dva byte. Jsou-li data delší než dva byte, t.j., je-li hodnota čítání „count“ > 2, je v kroku 805 nastaven ukazatel adresy a program přejde do smyčky, naznačené kroky 802, 812 a 815, kde je každý byte dat sekvenčně zapisován přes sběrnici SMBus do adresového místa žádajícího hostitelského zařízení, jak je naznačeno v kroku 812. Po vyslání každého bytu je čítač počtu bytů

snížen a zvýšeno adresové místo pro zápis dalšího bytu. Dokud není hodnota čítání „count“ = 0, což indikuje, že byl do vnějšího zařízení přenesen poslední byte dat, jak je vidět v kroku 815, bude smyčka pokračovat a přejde do kroku 808 za účelem určení toho, zda byl vnějším zařízením vyslán potvrzovací bit indikující, že byl úspěšně přenesen současný datový byte. Pokud je po přenosu každého bytu přijat potvrzovací bit, pokračuje smyčka krokem 812, dokud není vyslán poslední byte dat. Nebyl-li přijat potvrzovací bit, je možné, že se objevila chyba a program pokračuje krokem 821, kde se určí, zda se objevila chyba sběrnice, ukončení nebo časová prodleva. Nenastal-li žádný z těchto případů, pokračuje program krokem 808, kde se znovu určuje, byl-li přijat potvrzovací bit datového byte. Tento proces pokračuje dokud neuplyne časový interval vnitřního časovače komunikace s výměnou potvrzení (není zobrazen), kdy proces pokračuje krokem 825, kde je nastaven příznak neznámé chyby a proces ukončen. Po určení toho, že byl vyslán poslední datový byte (krok 818), je v kroku 818 nastaven příznak indikující, že byl vyslán poslední byte. Z obr.11 vyplývá, že v některých případech nemají být vrácena žádná data, jak je vidět v kroku 802, a algoritmus pokračuje přímo krokem 812 a obchází krok 808, příjem potvrzovacího bitu.

Dále, jak je indikováno krokem 822, je určeno, zda byl z hlavní jednotky sběrnice I²C přijat příznak závěrného bitu, indikující konec řízení sběrnice vzhledem ke skutečnosti, že vnější zařízení nebude přijímat žádná další data. Je-li přijat tento závěrný bit, je čtecí blok opuštěn. Nebyl-li přijat závěrný bit, je možné, že se objevila chyba a program pokračuje krokem 824, kde se určí, zda se objevila chyba sběrnice nebo časová prodleva. Nenastal-li žádný z těchto případů, pokračuje program krokem 822 za účelem opětovného určení, zda byl přijat závěrný bit. Tento proces bude pokračovat, dokud neuplyne časový interval vnitřního časovače komunikace s výměnou potvrzení (není zobrazeno), kdy bude tento proces pokračovat krokem 825, kde je nastaven příznak neznámé chyby a přenos je ukončen.

Řízení poplachu

Všechny až dosud zmíněné stavové příznaky poplachů indikují, že baterie dosáhla určitého stavu nabití (plně nabitá, zcela vybitá) nebo kritického stavu (maximální teplota, přebíjení). Tyto události jsou zakódovány v registru baterie `AI_Status` a do vnějšího zařízení je baterií vyslána výstražná zpráva `AlarmWarning ()`, ve které baterie detekuje poplachovou podmínku. V tomto případě se baterie stává hlavní jednotkou sběrnice a upozorňuje alternativně hostitelský počítač nebo nabíječ baterie na kritické a/nebo poplachové podmínky s rychlostí s výhodou jednou za 5 sekund dokud není kritický stav napraven. Poplachová podmínka může být do hostitelského počítače vysílána na 10 sekund, jestliže je tato poplachová podmínka taková, že na ní nemusí být upozorněn nabíječ baterie. Například výstražná zpráva `REMAINING_CAP_ALARM` není vysílána do nabíjecího zařízení. Jestliže existují poplachové podmínky, jako například `OVER_CHARGED_ALARM`, `TERMINATE_CHARGE_ALARM`, `DTEMP_ALARM`, `OVER_TEMP_ALARM` a `TERMINATE_DISCHARGE_ALARM`, pak je poplach vysílán střídavě do nabíjecího zařízení a hostitelského zařízení v pětisekundových intervalech.

Protokol modifikované sběrnice `SMBus` pro sdělování poplachů nebo výstražných zpráv je zobrazen v rutině 152 řízení poplachu, která je detailně uvedena na obr.12A a 12B. Tato rutina 152 prochází všechny možné poplachové podmínky za účelem možného vysílání do hostitelského zařízení poté, co je proveden výpočet kapacity, jak je zobrazeno na obr.3.

První krok zobrazený v obr.12A jako krok 901, je ověření stavu zbývající kapacity. Určuje se, zda průběžná hodnota `AL_REM_CAP` je větší než nula a zda je zbývající kapacity (bez chyby

nejistoty) menší než hodnota AL_REM_CAP. Jsou-li tyto podmínky pravdivé, je v kroku 904 nastaven bit REMAINING_CAPACITY_ALARM. Jestliže žádná z těchto podmínek není pravdivá, je v kroku 906 bit REMAINING_CAPACITY_ALARM vymazán. Dále je vypočítána C_rate založená na proudu průběžně průměrovaném v intervalu jedné minuty a z vyhledávací tabulky z obr.19A je vybrána zbytková kapacita na základě C_rate [pd_avg_:= pd(C_rate(I_avg), t)]. Poté je v kroku 910 určeno, je-li baterie ve stavu snižování kapacity. Jestliže se kapacita baterie snižuje, je v kroku 913 určeno, zda je prahová hodnota poplachu AL_REM_TIME větší než nula. Jestliže ano, je v kroku 915 pomocí příkazového kódu AverageTimeToEmpty () vypočítán odhadovaný zbývajících čas při současné intenzitě vybíjení. Jestliže je vypočítaný zbývajících čas menší než prahová hodnota AL_REM_TIME, což se určí v kroku 917, nastaví program bit REMAINING_TIME_ALARM, jak je znázorněno v kroku 919 a pokračuje krokem 925 zobrazeném na obr.12B. Určí-li se, že buď stav baterie není snižování kapacity (krok 910) nebo že AL_REM_TIME je roven nule (krok 913) nebo že vypočítaný zbývajících čas je menší než prahová hodnota AL_REM_TIME, vymaže program bit REMAINING_TIME_ALARM, jak je znázorněno krokem 921 a pokračuje krokem 925, zobrazeném na obr.12B.

Jak je vidět v kroku 925, je horní byte stavového registru poplachů kontrolován za účelem určení, zda jsou nastaveny nějaké poplachové bity, například poplachové bity jako OVER_CHARGED_ALARM, TERMINATE_CHARGE_ALARM, DTEMP_ALARM, OVER_TEMP_ALARM, TERMINATE_DISCHARGE_ALARM, REMAINING_CAPACITY_ALARM a REMAINING_TIME_ALARM. Jestliže ano, je v kroku 927 provedena kontrola příznaku vysílání poplachu „alarming“. Jestliže horní bit stavového registru poplachů neindikuje žádné poplachové podmínky, to znamená, nemá žádné nastavené bity, pokračuje proces krokem 926 a příznak vysílání poplachu je vymazán. Je třeba poznamenat, že při inicializaci není příznak vysílání poplachu nastavován. Tento příznak

bude ale nastaven, dokud existuje podmínka poplachu. Je-li tedy poplachový příznak vymazán, jak je vidět v kroku 927, proces pokračuje a v kroku 930 je poplachový příznak nastaven. Kromě toho je v kroku 930 nastaven na nulu časovač vysílání poplachu a je nastaven příznak „poplach hostitelskému zařízení“ indikující, že poplach bude posílán hostitelskému vnějšímu zařízení a nikoli nabíječi baterie. Proces pokračuje krokem 933, kde se určí, zda uplynul čas časovače vysílání poplachu. Jelikož byl v kroku 930 časovač vysílání nastaven na nulu, bude pro tento první pracovní cyklus poplachové podmínky proces pokračovat krokem 935. Krokem 935 bude proces pokračovat také tehdy, jestliže uplynul čas časovače vysílání poplachů. Jestliže neuplynul čas časovače, je proces řízení poplachu opuštěn. V kroku 935 je nastaveno adresové místo pro vysílání poplachu do hostitelského zařízení a příkazový kód je nastaven na funkci stavu baterie [BatteryStatus()] popsanou výše. To iniciuje přenos konkrétního poplachu do hostitelského zařízení. V kroku 937 se potom určí, zda je vymazán příznak poplachu do hostitelského zařízení. Během prvního pracovního cyklu poplachové podmínky (krok 930) byl příznak poplachu do hostitelského zařízení nastaven, takže algoritmus přeskočí kroky 940 a 943 (jsou popsány dále) a provádí rutinu 945 vyslání zprávy, která změní funkci baterie tak, že se baterie stane hlavní jednotkou sběrnice, takže je možné poplachovou zprávu vyslat. Rutina 945 vyslání zprávy bude podrobně vysvětlena dále. V kroku 947 je poté časovač vysílání poplachu znovu nastaven na čas 10 sekund (N_ALARM) a příznak vysílání poplachu do hostitelského zařízení je přepnut na příznak vysílání poplachu do nabíječe.

Proces pokračuje poté co bylo inicializováno vysílání poplachové výstražné zprávy do hostitelského zařízení v kroku 945 (pomocí rutiny vyslání zprávy) a byl znovu nastaven časovač vysílání poplachu. Proces pokračuje v kroku 925 po dalším výpočtu kapacity (obr.3), pokud stále existuje poplachová podmínka (t.j. poplachové bity jsou nastaveny). Pro další a následné cykly poplachové podmínky byl

ale již poplachový příznak nastaven, jak bylo určeno v kroku 927, takže časovač vysílání poplachu (inicializovaný na 10 sekund) je v kroku 931 snižován, dokud neuplyne čas časovače nebo se nezmění stav poplachu. Po snížení časovače vysílání tedy proces pokračuje krokem 933, kde se určí, zda uplynul čas časovače vysílání poplachu. Jestliže čas tohoto časovače vysílání neuplynul, je rutina řízení poplachu opuštěna a tyto soubory kroků budou pokračovat, dokud neuplyne čas časovače vysílání poplachu (krok 933). Dokud nebyla poplachová zpráva vyslána do hostitelského zařízení s výhodou na 5 sekund, nebudou prováděny kroky 935 a 937. Po uplynutí času časovače vysílání a protože příznak poplachů do hostitelského zařízení byl přepnut (během prvního pracovního cyklu poplachové podmínky), bude podmínka v kroku 937 pravdivá. Adresové místo pro vysílání poplachu je proto změněno a v kroku 940 nastaveno na nabíječ baterie a program pokračuje krokem 943, kde se určí, zda má být vyslána do nabíječe baterie konkrétní poplachová výstražná zpráva v příštích 10 sekundách. Jestliže nemá být vysílána poplachová podmínka do nabíječe baterie, rutina vysílání zprávy (krok 945) se obejde, v kroku 947 bude znovu nastaven časovač vysílání a bude přepnut bit poplach do hostitelského zařízení, takže zpráva bude znovu vysílána do hostitelského zařízení.

Řízení nabíječe

Kdykoli je bit BatteryMode () CHARGER MODE nastaven na nulu a baterie detekuje přítomnost nabíječe inteligentní baterie, je tato baterie schopná komunikace s nabíječem inteligentní baterie a bude do tohoto nabíječe vysílat hodnoty ChargingCurrent () a ChargingVoltage (). Funkce ChargingCurrent () nastavuje maximální proud, který může nabíječ inteligentní baterie dodávat do baterie a vrací žádoucí nabíjecí intenzitu v mA. To dovoluje nabíječi dynamicky nastavovat svůj výstupní proud a optimálně ho přizpůsobovat požadavkům znovunabíjení. Maximální hodnota 0xFFFF znamená nabíjení s konstantním napětím s

výstupní hodnotou ChargingVoltage (). Výsledky jsou vysílány baterií jako aktivní hlavní jednotkou sběrnice za podmínek uvedených v rutině 154 řízení nabíječe z obrázků 3 a 13.

První krok 850 na obrázku 13 je určení toho, zda je v systému baterie. Pokud není, jsou v kroku 853 vymazány proměnné CAPACITY_MODE a CHARGER_MODE a rutina končí. Je-li v systému instalovaná baterie, určí se v kroku 855, zda baterie byla do systému právě vložena. Jestliže byla baterie právě vložena, nastaví se časovač zprávy na jedničku, v kroku 857 jsou vymazány proměnné CAPACITY_MODE a CHARGER_MODE a algoritmus pokračuje krokem 859. Jestliže nebyla baterie právě vložena (krok 855), přeskočí algoritmus do kroku 859, kde se provádí určení stavu bitu CHARGER_MODE. Jestliže tento bit není v kroku 859 určen jako vymazaný, rutina končí. Jestliže je bit CHARGER_MODE v kroku 859 nastaven, je v kroku 861 snížen časovač. Dalším krokem 863 je určení, zda uplynul čas časovače zprávy. Jestliže tento čas uplynul, je časovač zprávy v kroku 865 znovu nastaven a je proveden výpočet nabíjecího proudu. Jestliže v kroku 863 neuplynul čas časovače zprávy, rutina končí. Dalším krokem 866 je určení, zda vrácená hodnota vypočteného nabíjecího proudu je nula. Je-li tato vrácená hodnota nabíjecího proudu nula, pokračuje proces krokem 868. Není-li nabíjecí proud nulový, určí se v kroku 867 zda se jedná o stav zvyšování kapacity (CI). Je-li baterie ve stavu CI, pokračuje proces krokem 868. Jestliže se kapacita snižuje, rutina končí.

V kroku 868 je do nabíječe baterie nastaveno adresové místo pro vysílání nabíječe a povelový kód je nastaven na povelový kód ChargingCurrent (). Dále je v kroku 870 vyslána rutinou vyosílání zpráv (bude popsáno níže) do nabíječe baterie zpráva s povelom pro nabíjecí proud. Potom je v kroku 872 naplněna funkce ConstantVoltage () maximální hodnotou (hex FFFF), která indikuje, že nabíječ se bude chovat jako nabíjecí zařízení s konstantním proudem. Tato instrukce je

vyslána do nabíječe rutinou vysílání zpráv v kroku 874. Po vyslání nabíjecího proudu rutina končí.

Rutina vysílání zpráv

Jak je naznačeno v kroku 945 na obr.12B a v kroku 870 na obr.13, rutina vysílání zpráv mění funkci baterie tak, že se tato stává hlavní řídicí jednotkou sběrnice, takže mohou být vysílány poplachové zprávy. Obr.14A a 14B ilustrují rutinu vysílání zpráv.

Prvním krokem 950 je určení dostupnosti datové sběrnice. Je-li určeno, že je datová sběrnice dostupná, je první vyslanou částí dat podřízená adresa, to je adresa vnějšího hostitelského zařízení nebo nabíječe baterie, jak je naznačeno v kroku 952. Jakmile je datová sběrnice přístupná, jsou nastaveny dva příznaky; prvním příznakem je vnitřně generovaný příznak, který je nastavován za účelem indikace toho, že baterie je hlavní řídicí jednotkou sběrnice (krok 953) a druhým příznakem je příznak ukončení přenosu, který je v kroku 954 vymazán. V dalším kroku 955 se provádí kontrola, zda byl vyslán potvrzovací bit, to je, zda byl první byte dat (podřízená adresa) přijat podřízeným zařízením. Jestliže nebyl potvrzovací bit poslán, provádí se v kroku 958 určení, zda je sběrnice obsazena. Je-li sběrnice obsazena, pokračuje program krokem 960 na obr.14B. Není-li sběrnice v kroku 958 obsazena, určí se v kroku 959, zda byl generován příznak chyby sběrnice nebo časové prodlevy. Jestliže se objevila chyba nebo časová prodleva, pokračuje program krokem 973, kde bude ukončen přenos a rutina skončí. Jestliže neexistuje podmínka chyby nebo časové prodlevy, rutina pokračuje krokem 955 dokud není podřízeným zařízením vyslán potvrzovací bit indikující, že data byla přijata. Po přijetí potvrzovacího bitu je v kroku 957 přenášen současný povelový kód. Je třeba si uvědomit, že pokud je rutina vysílání zpráv vyvolána během kritické poplachové podmínky, je slovo povelového kódu nastaveno jako adresa baterie (viz krok 935, obr.12B) a podřízené

zařízení pozná, že mají být vysílány pouze dva byty dat. Další krok 960 je kontrola toho, zda byl vyslán potvrzovací bit, to je, zda byl povelový kód (nebo adresa baterie) přijat podřízeným zařízením. Nebyl-li potvrzovací bit přijat, je v kroku 962 prováděna kontrola za účelem určení toho, zda byl generován příznak chyby sběrnice nebo časové prodlevy. Objevila-li se chyba nebo časová prodleva, pokračuje program krokem 973, kde je přenos ukončen a rutina končí. Jestliže neexistuje podmínka chyby nebo časové prodlevy, pokračuje rutina krokem 960 dokud není potvrzeno, že byl povelový kód (nebo adresa baterie) přijat. Po přijetí potvrzovacího bitu je na specifikované adresové místo (viz krok 935, obr.12B) přenášen v kroku 965 první byte dat. Dalším krokem 966 je kontrola toho, zda byl vyslán potvrzovací bit, to je, zda podřízené zařízení přijalo první byte dat. Nebyl-li potvrzovací bit přijat, je v kroku 967 prováděna kontrola za účelem určení toho, zda byl generován příznak chyby sběrnice nebo časové prodlevy. Objevila-li se chyba nebo časová prodleva, pokračuje program krokem 973, kde je přenos ukončen a rutina končí. Jestliže neexistuje podmínka chyby nebo časové prodlevy, pokračuje rutina krokem 966 dokud není potvrzeno, že byl první byte dat přijat. Byl-li potvrzovací bit přijat, je v kroku 968 přenášen na další adresové místo druhý byte dat. V dalším kroku 969 se kontroluje, zda byl vyslán potvrzovací bit, t.j., zda podřízené zařízení přijalo druhý byte dat. Nebyl-li potvrzovací bit přijat, je v kroku 971 prováděna kontrola za účelem určení toho, zda byl generován příznak chyby sběrnice nebo časové prodlevy. Objevila-li se chyba nebo časová prodleva, pokračuje program krokem 973, kde je přenos ukončen a rutina končí. Jestliže neexistuje podmínka chyby nebo časové prodlevy, pokračuje rutina krokem 969 dokud není potvrzeno, že byl druhý byte dat přijat. Poté, co byla baterií přenesena do podřízeného zařízení celá zpráva, rutina vysílání zpráv končí.

LED displej

Jak je vidět na obr.2, je baterie 10 z předkládaného vynálezu opatřena ručně řízeným čtyřsegmentovým displejem ze svítivých diod (LED), indikujícím relativní stav nabití baterie (podobně jako měřič paliva) vzhledem k hodnotě full_cap. Po výpočtu kapacity je během každé periody 500 msec (pracovní cyklus) prováděna rutina 152 řízení poplachů a rutina 154 řízení nabíječe a systém hledá hardwarovou spouštěcí podmínku LED displeje. Uživatel může kdykoli iniciovat LED displej spínačem 35 na baterii 10, jak je vidět na obr.2A. Obr.15 zobrazuje řídicí logiku LED displeje.

Stlačení spínače 35 spustí hardwarový spínač, jak je naznačeno v kroku 975 na obr.15. Je-li hardwarový spouštěč nastaven, pokračuje proces krokem 977. Ne-li hardwarový spínač pro LED displej nastaven, je současný LED displej vymazán a v kroku 992 je znovu nastaven časovač LED displeje. Poté rutina LED displeje končí.

V kroku 977 se určuje, zda se pracovní mód LED displeje bude vztahovat k implicitní hodnotě nastavené plné kapacity (full_cap), k navrácené hodnotě `RelativeStateOfCharge ()` nebo k hodnotě konstrukční kapacity (nom_cap), jak bylo vysvětleno výše. Určí-li se, že se pracovní mód LED displeje vztahuje k základu full_cap, je v kroku 978 vypočítán relativní stav nabití (soc), normalizovaný vzhledem k full_cap. Jinak je v kroku 979 vypočítán relativní stav nabití (soc), normalizovaný vzhledem k nom_cap. Dále je v kroku 980 nastaven čítač na hodnotu relativního stavu nabití, všechny čtyři LED diody jsou vymazány a inicializovány hodnoty jejich bitů. Poté se v kroku 981 provádí určení, zda je čítač nad 75%. Jestliže ano, jsou všechny čtyři LED diody zapnuty a displej indikuje nabití > 75%. Je-li čítač pod 75%, je v kroku 983 čítač zvětšen o 25% a LED bity v registru LED displeje se posunou, což má za následek odpovídající indikaci relativního stavu nabití, když jsou LED diody zapnuty. Kroky 981 a 983 jsou opakovány až třikrát, dokud není dosaženo podmínky, že je čítač nad 75%. Po dosažení této podmínky jsou v kroku 985 LED diody zapnuty ve shodě s

uspořádáním bitů v registru LED (není zobrazen). Poté se v kroku 987 provádí určení, je-li relativní kapacita větší než 10%. Jestliže ano, pokračuje program krokem 994. Je-li určeno, že relativní kapacita je menší než 10%, provádí se v kroku 989 určení toho, zda má LED displej blikat. Proto je v kroku 989 kontrolován bit blikání LED a jestliže tento bit není nastaven, bude blikat LED dioda, která indikuje, že relativní stav nabití je menší než 10%, jak je znázorněno v kroku 991. Je-li v kroku 989 zjištěno, že bit blikání je nastaven, LED dioda bliká a bit blikání je v kroku 990 vymazán. Systém pokračuje krokem 994, kde je snížen časovač LED displeje. Poté se v kroku 995 provede určení toho, zda uplynul čas časovače LED displeje. Pokud ano, je vymazán bit hardwarového spouštěče v kroku 996 a časovač displeje je znovu nastaven. Jinak rutina LED displeje končí.

Zatímco vynález byl popsán a zobrazen zejména vzhledem ke svému výhodnému uspořádání, odborník v daném oboru chápe, že je možné provést dříve zmíněné a další změny ve formě a detailech, aniž by se překročil rámec vynálezu, který by měl být omezen pouze rozsahem připojených patentových nároků.

PATENTOVÉ NÁROKY

1) Algoritmus

1) Inteligentní baterie, která zajišťuje elektrickou energii a která hlásí předem určené parametry baterie vnějšímu zařízení majícímu systém hospodaření s energií, kde tato inteligentní baterie se vyznačuje tím, že obsahuje:

(a) alespoň jeden článek se schopností znovunabíjení spojený s párem svorek pro zajištění elektrické energie pro vnější zařízení během vybíjecího módu a pro příjem elektrické energie během nabíjecího módu, což je zajištěno nebo určeno tímto vnějším zařízením,

(b) datovou sběrnici pro hlášení předem určených identifikačních a nabíjecích parametrů baterie do vnějšího zařízení,

(c) analogový prostředek pro generaci analogových signálů reprezentujících napětí a proud baterie na zmíněných svorkách a analogového signálu reprezentujícího teplotu baterie ve zmíněném článku,

(d) hybridní integrovaný obvod (IC) obsahující mikroprocesor pro příjem analogových signálů a jejich převod na číslicové signály reprezentující napětí, proud a teplotu baterie a pro výpočet skutečných parametrů nabíjení v čase z těchto číslicových signálů, kde tyto výpočty zahrnují jeden výpočet podle následujícího algoritmu:

$$CAP_{rem} = CAP_{FC} - \Sigma I_d \Delta t_d - \Sigma I_s \Delta t + \Sigma \varepsilon_c I_c \Delta t_c,$$

kde ε_c je funkcí proudu baterie a teploty a I_s je funkcí teploty baterie a CAP_{rem} ,

(e) datovou paměť definovanou ve zmíněném hybridním integrovaném obvodu pro ukládání zmíněných předem určených identifikačních a skutečných nabíjecích parametrů baterie, dokonce i když je nominálně plně vybitá, kde tyto nabíjecí parametry obsahují alespoň kapacitu plného nabití a zbývající kapacitu,

(f) řídicí jednotku sběrnice definovanou ve zmíněném hybridním integrovaném obvodu pro vysílání zpráv baterie zmíněnému vnějšímu zařízení přes datovou sběrnici, kde tyto zprávy obsahují zmíněné předem určené identifikační a skutečné nabíjecí parametry baterie.

2. Inteligentní baterie podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zmíněný hybridní integrovaný obvod nastavuje žádoucí intenzitu nabíjení v datové paměti, kde tato intenzita je volena alespoň z údržbové intenzity nabíjení a výhodné intenzity nabíjení.
3. Inteligentní baterie podle nároku 1 nebo 2, v y z n a č u j í c í s e t í m, že řídicí jednotka sběrnice vysílá zprávu o intenzitě nabíjení baterie do vnějšího zařízení.
4. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, v y z n a č u j í c í s e t í m, že zpráva o intenzitě nabíjení je volena hybridním integrovaným obvodem jako funkce zbývající kapacity a teploty baterie.
5. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m, že hybridní integrovaný obvod přijímá žádoucí poplachovou hodnotu zbývající kapacity z vnějšího zařízení a vysílá poplachový signál zbývající kapacity do tohoto vnějšího zařízení, je-li zbývající kapacita menší nebo rovná poplachové hodnotě zbývající kapacity.
6. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, v y z n a č u j í c í s e t í m, že hybridní integrovaný obvod

vypočítává a ukládá zprávu o hodnotě průměrného proudu jako funkci proudu baterie a času.

7. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, vyznačující se tím, že hybridní integrovaný obvod přijímá žádoucí poplachovou hodnotu zbývajících času z vnějšího zařízení a vysílá poplachový signál zbývajících času do vnějšího zařízení, je-li vypočítaná hodnota zbývajících času rovna nebo menší než zmíněná žádoucí poplachová hodnota zbývajících času.
8. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 7, vyznačující se tím, že vypočítaná hodnota zbývajících času je počítána jako funkce zbývajících kapacity a hodnoty průměrného proudu.
9. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 8, vyznačující se tím, že hybridní integrovaný obvod přijímá z vnějšího zařízení náhradní nízkou hodnotu průměrného proudu baterie a vypočítává optimální hodnotu zbývajících času při zmíněné náhradní nízké hodnotě průměrného proudu baterie jako funkci zbývajících kapacity.
10. Inteligentní baterie podle nároku 9, vyznačující se tím, že hybridní integrovaný obvod rovněž vypočítává optimální hodnotu zbývajících času, přičemž tato optimální hodnota zbývajících času je počítána jako funkce zbývajících kapacity a hodnoty proudu specifikované uživatelem.
11. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 10, vyznačující se tím, že hybridní integrovaný obvod ukládá hodnotu módu baterie a hodnoty napětí, proudu a teploty baterie v paměti dat, kde hodnota módu baterie indikuje, zda se baterie právě nabíjí nebo vybíjí.

12. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 11, vyznačující se tím, že řídicí jednotka sběrnice posílá bateriové zprávy hlásící hodnoty současného módu, napětí, proudu a teploty v odezvě na dotazovou zprávu z vnějšího zařízení.
13. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 12, vyznačující se tím, že článek je typu NiMH a hybridní mikroprocesor vypočítává ukončení nabíjení jako funkci jedné nebo více z následujících podmínek; záporná napěťová strmost větší než $0.12 \text{ mV/článek/min}$ při napětí plného nabití, $\Delta T/\Delta t$ překračující $0,9^\circ\text{C/min}$ nebo vypočítaný náboj dosahující 120% kapacity plného nabití.
14. Inteligentní baterie podle kteréhokoli z nároků 1 až 13, vyznačující se tím, že hybridní integrovaný obvod znovunastavuje kapacitu plného nabití jako zjištěnou hodnotu po každém kompletním a nepřerušeném cyklu plného vybití.
15. Inteligentní baterie podle nároku 14, vyznačující se tím, že znovunastavení kapacity plného nabití je dáno integrací skutečného vybití a ztrát způsobených samovybitím od ukončení nabíjení do nominálního stavu plného vybití.
16. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení a hlášení předem určených parametrů baterie vnějšímu zařízení, které má systém hospodaření s energií, odebírající energii ze zmíněné baterie se schopností znovunabíjení a dodávající energii do této baterie, kde se tento způsob vyznačuje tím že obsahuje:
- a) generaci analogových signálů reprezentujících napětí a proud baterie na vstupní a výstupní svorce baterie a generaci analogového signálu reprezentujícího teplotu baterie ve zmíněném článku;

b) převod těchto analogových signálů na číslicové signály reprezentující napětí, proud a teplotu baterie a integraci skutečných nabíjecích parametrů baterie v čase z těchto číslicových signálů mikroprocesorem typu RISC, přidruženým k této baterii, podle následujícího algoritmu

$$CAP_{rem} = CAP_{FC} - \Sigma I_d \Delta t_d - \Sigma I_s \Delta t + \Sigma \epsilon_c I_c \Delta t_c;$$

c) ukládání ve vyhledávacích tabulkách ϵ_c jako empirické funkce proudu, teploty a zbývající kapacity baterie; CAP_{FC} jako zjištěné hodnoty mezi integracemi a I_s jako empirické funkce teploty baterie a CAP_{rem} , kde tyto vyhledávací tabulky jsou definovány datovou pamětí přidruženou k baterii;

d) ukládání předem určených identifikačních a skutečných nabíjecích parametrů baterie v datové paměti, kde tyto nabíjecí parametry zahrnují alespoň kapacitu plného nabití a zbývající kapacitu;

e) vysílání bateriových zpráv vnějšímu zařízení po datové sběrnici, kde tyto zprávy obsahují zmíněné předem určené identifikační a skutečné nabíjecí parametry baterie.

17. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle nároku 16, vyznačující se tím, že žádoucí intenzita nabíjení je ukládána v datové paměti a vysílána do vnějšího zařízení, kde tato intenzita je volena alespoň z údržbové intenzity nabíjení, výhodné intenzity nabíjení, rychlé intenzity nabíjení nebo nejvyšší intenzity nabíjení.

18. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle nároků 16 nebo 17, vyznačující se tím, že bateriová zpráva o intenzitě nabíjení je vysílána datovou sběrnici do vnějšího zařízení v odezvě na dotaz tohoto vnějšího zařízení.

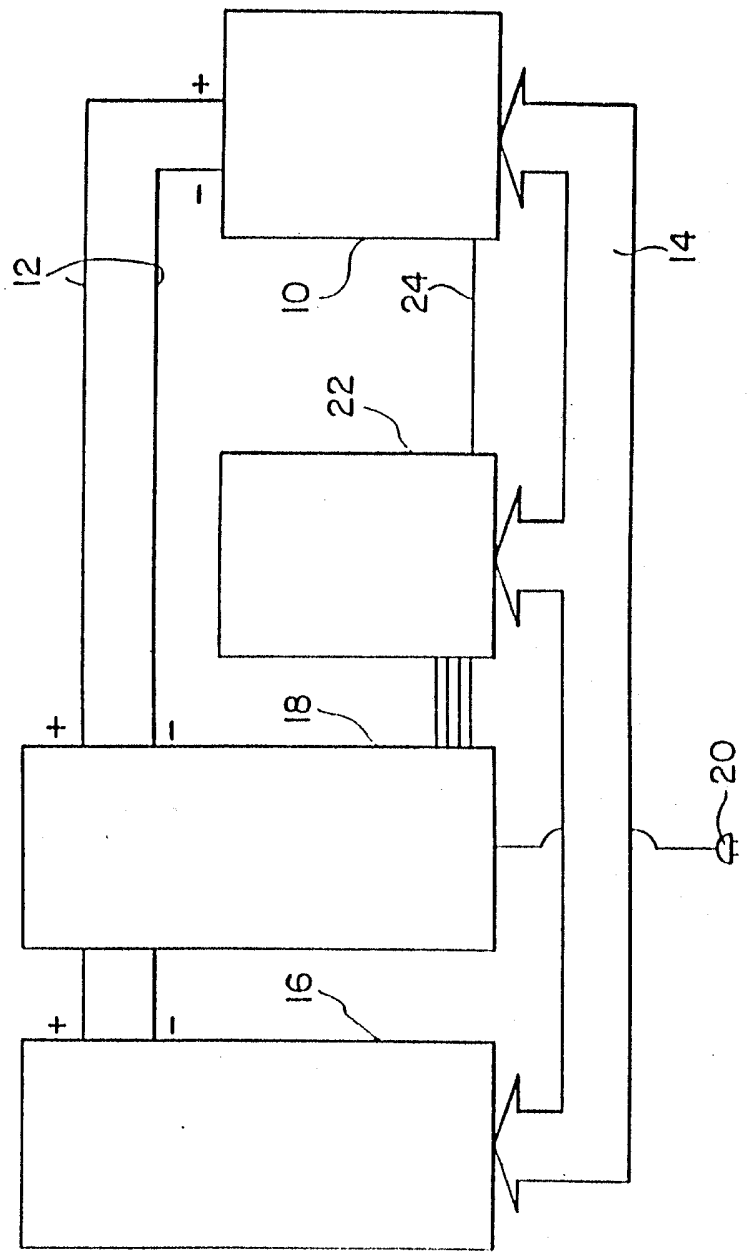
19. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 18, vyznačující se tím, že zmíněná zpráva o intenzitě nabíjení je vybírána jako funkce zbývající kapacity a teploty baterie.
20. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 19, vyznačující se tím, že baterie přijímá žádoucí poplachovou hodnotu zbývající kapacity z vnějšího zařízení a vysílá poplachový signál zbývající kapacity do tohoto vnějšího zařízení, je-li zbývající kapacita menší nebo rovná poplachové hodnotě zbývající kapacity.
21. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 20, vyznačující se tím, že zpráva o hodnotě průměrného proudu je počítána jako funkce proudu baterie a času a ukládána v datové paměti.
22. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 21, vyznačující se tím, že baterie přijímá žádoucí poplachovou hodnotu zbývajícího času z vnějšího zařízení a vysílá poplachový signál zbývajícího času do vnějšího zařízení, je-li vypočítaná hodnota zbývajícího času rovna nebo menší než zmíněná žádoucí poplachová hodnota zbývajícího času.
23. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 22, vyznačující se tím, že vypočítávaná hodnota zbývajícího času je počítána jako funkce zbývající kapacity a hodnoty průměrného proudu.
24. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 23, vyznačující se tím, že baterie přijímá náhradní nízkou hodnotu průměrného proudu baterie z vnějšího zařízení a mikroprocesor typu RISC vypočítává optimální

hodnotu zbývajícího času při zmíněné náhradní nízké hodnotě průměrného proudu baterie jako funkci zbývající kapacity.

25. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 24, vyznačující se tím, že mikroprocesor typu RISC rovněž vypočítává optimální hodnotu zbývajícího času, kde tato optimální hodnota zbývajícího času je počítána jako funkce zbývající kapacity a předem zvolené nízké hodnoty průměrného proudu baterie.
26. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 25, vyznačující se tím, že hodnoty módu baterie, napětí, proudu a teploty baterie jsou uloženy v datové paměti, kde hodnota módu baterie indikuje, zda baterie právě přijímá nebo dodává energii.
27. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 26, vyznačující se tím, že baterie vysílá zprávy hlásící hodnoty současného módu, napětí, proudu a teploty v odezvě na dotazovou zprávu z vnějšího zařízení.
28. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 27, vyznačující se tím, že baterie je tvořena články typu NiMH a ukončení nabíjení je vypočítáváno jako funkce jedné nebo více z následujících podmínek; záporná napěťová strmost větší než $0.12 \text{ mV/článek/min}$ při napětí plného nabití, $\Delta T/\Delta t$ překračující $0,9^\circ\text{C/min}$ nebo vypočítaný náboj dosahující 120% kapacity plného nabití.
29. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 28, vyznačující se tím, že mikroprocesor typu RISC znovunastavuje kapacitu plného nabití jako zjištěnou hodnotu po každém kompletním a nepřerušném cyklu plného vybití.

30. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 29, vyznačující se tím, že znovunastavení kapacity plného nabití je dáno integrací skutečného vybití od ukončení nabíjení do nominálního stavu plného vybití.
31. Způsob nabíjení baterie se schopností znovunabíjení podle kteréhokoli z nároků 16 až 30, vyznačující se tím, že baterie hlásí faktor nejistoty jako funkci doby od poslední plné integrace CAP_{FC} .

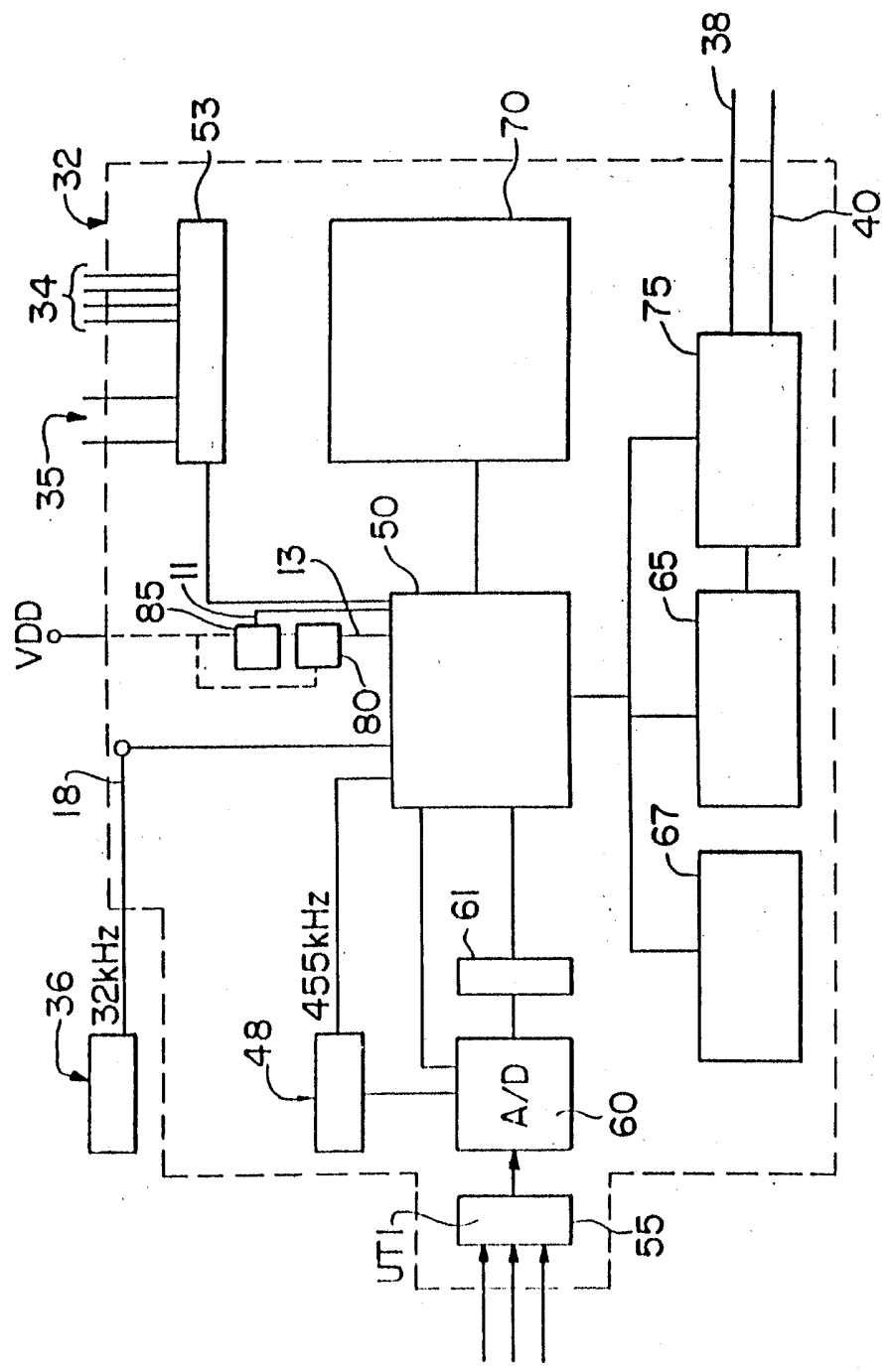
Obr. 1



PRIL.
PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ
U RAD
15. VIII 97
DOŠLO
6 6 0 4 9 5
č.j.

PRIL.
 PRŮMYSLOVÉHO
 ÚRADU
 15. VIII 97
 DOŠLO
 (6 0 1 9 3)
 2.1

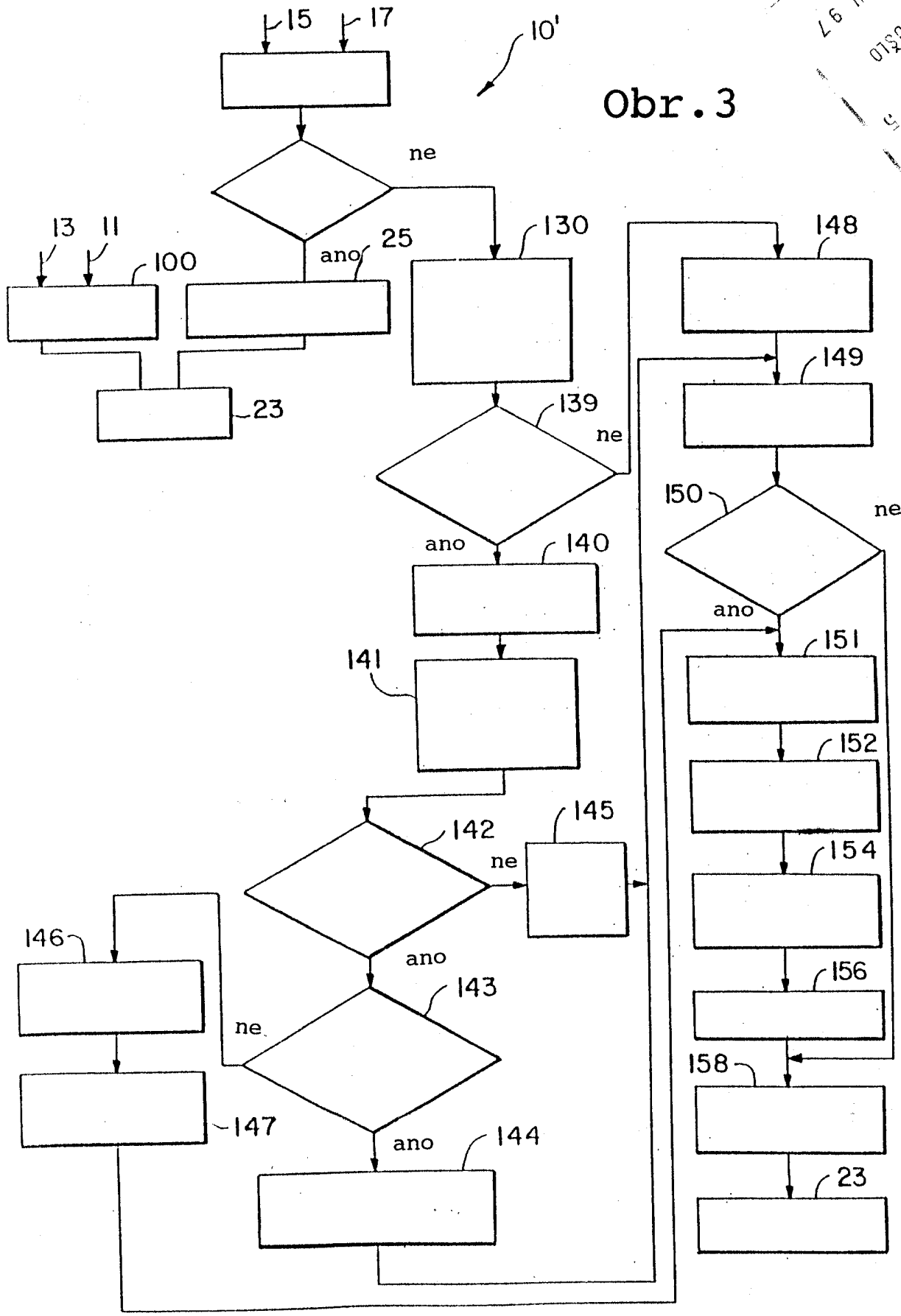
Obr. 2B



PV A023-97

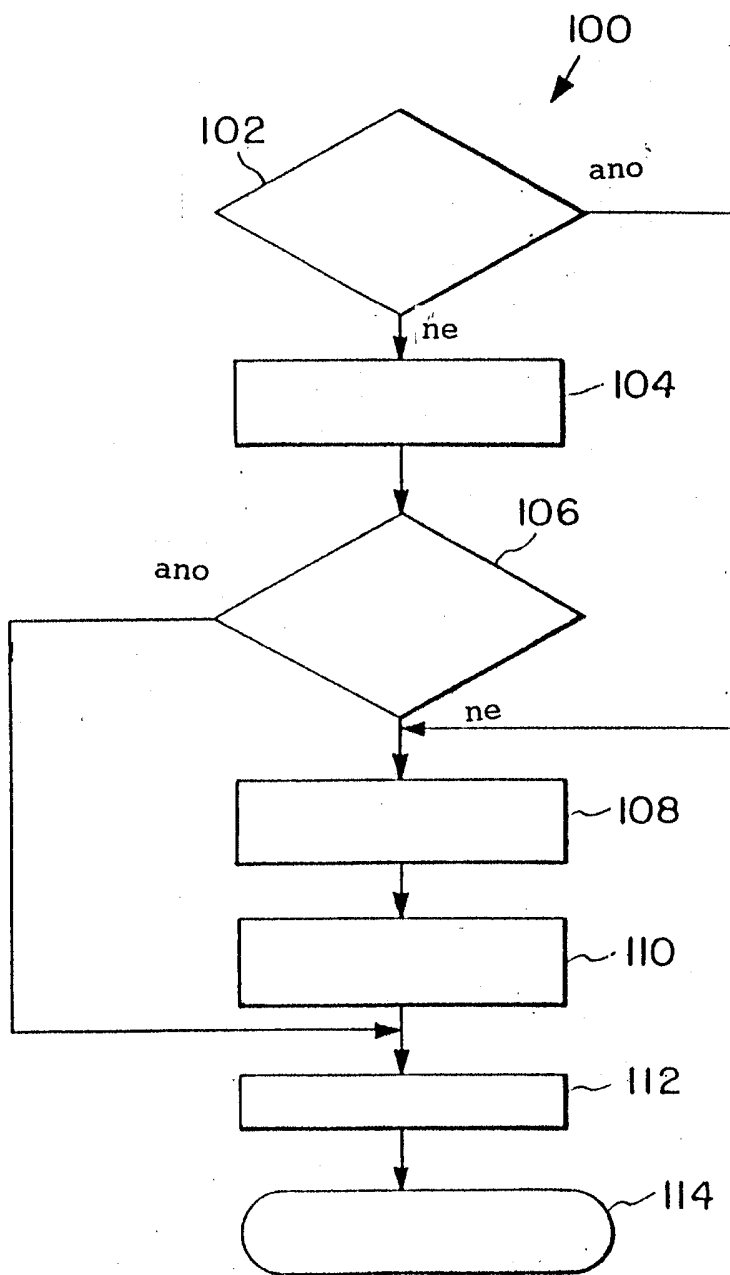
PRIL.
VLASTNICTVY
PRŮMYSL. ÚVĚHO
ÚRAD
15. VIII 97
06010
060495
13

Obr. 3



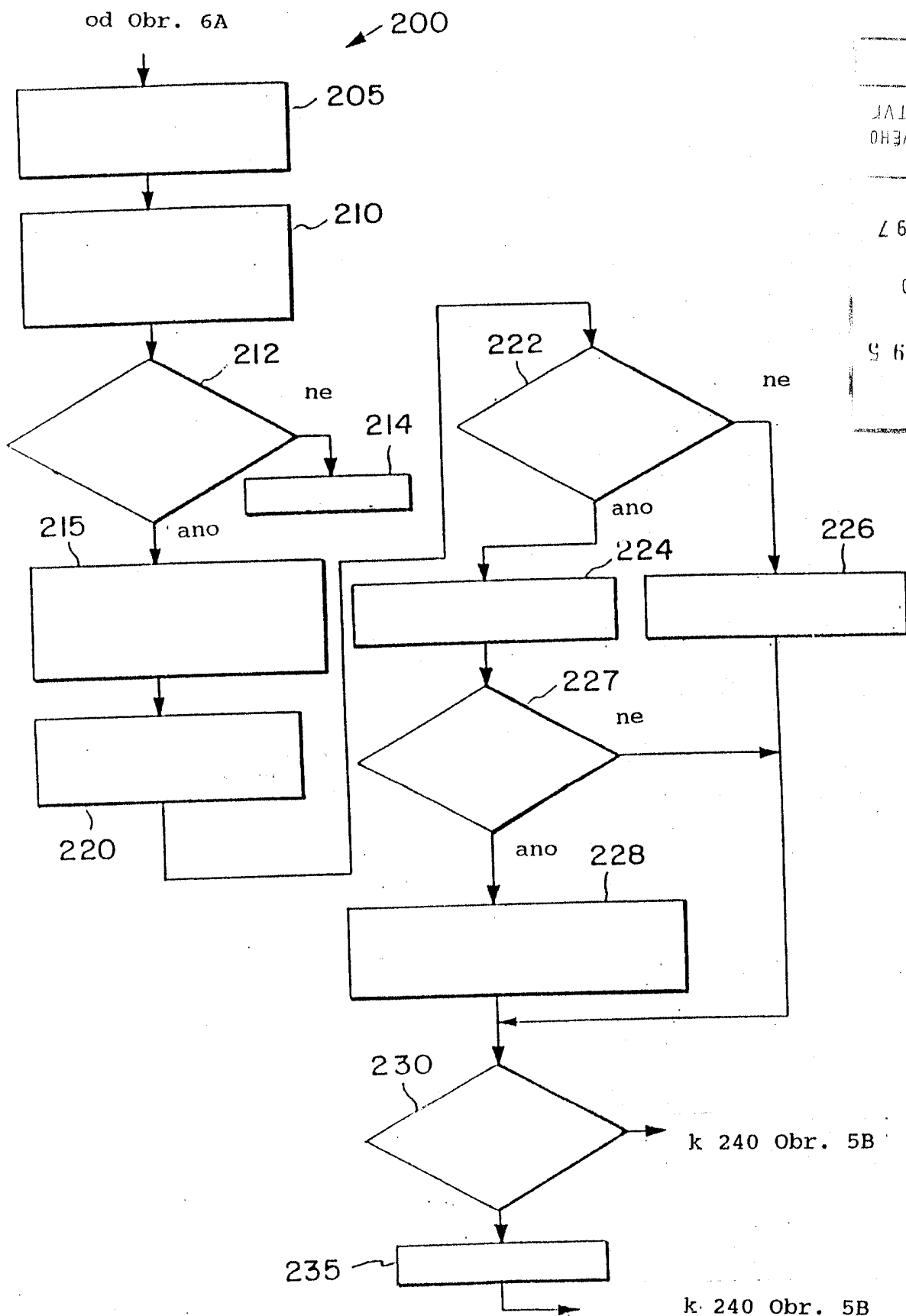
PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYŠLOVÉHO
ÚRADU
15. VII 97
00510
060495
č.j.

Obr. 4



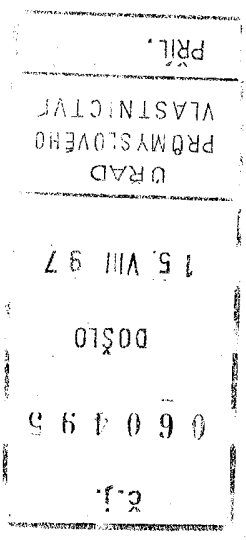
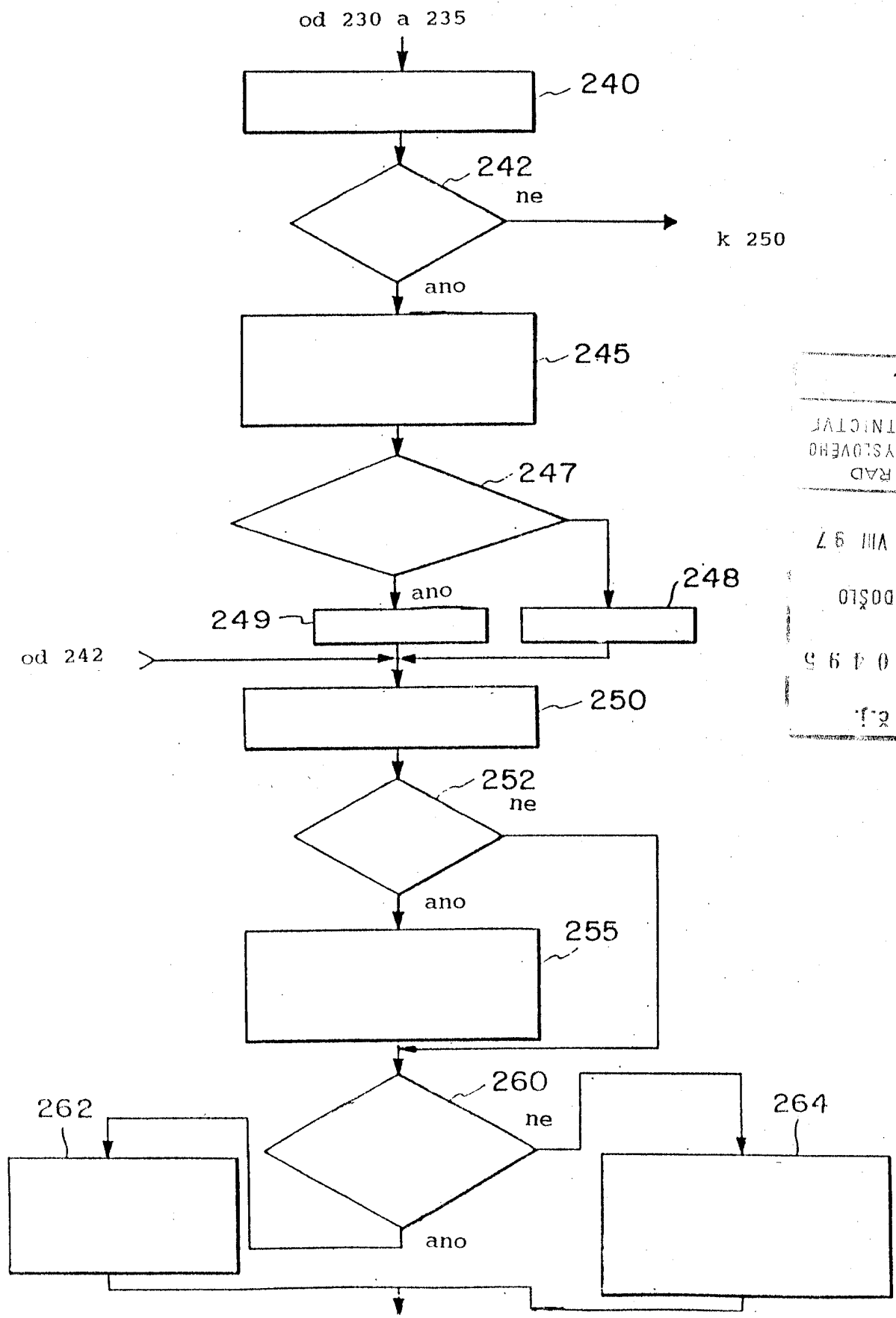
PV 1023-97

Obr. 5A

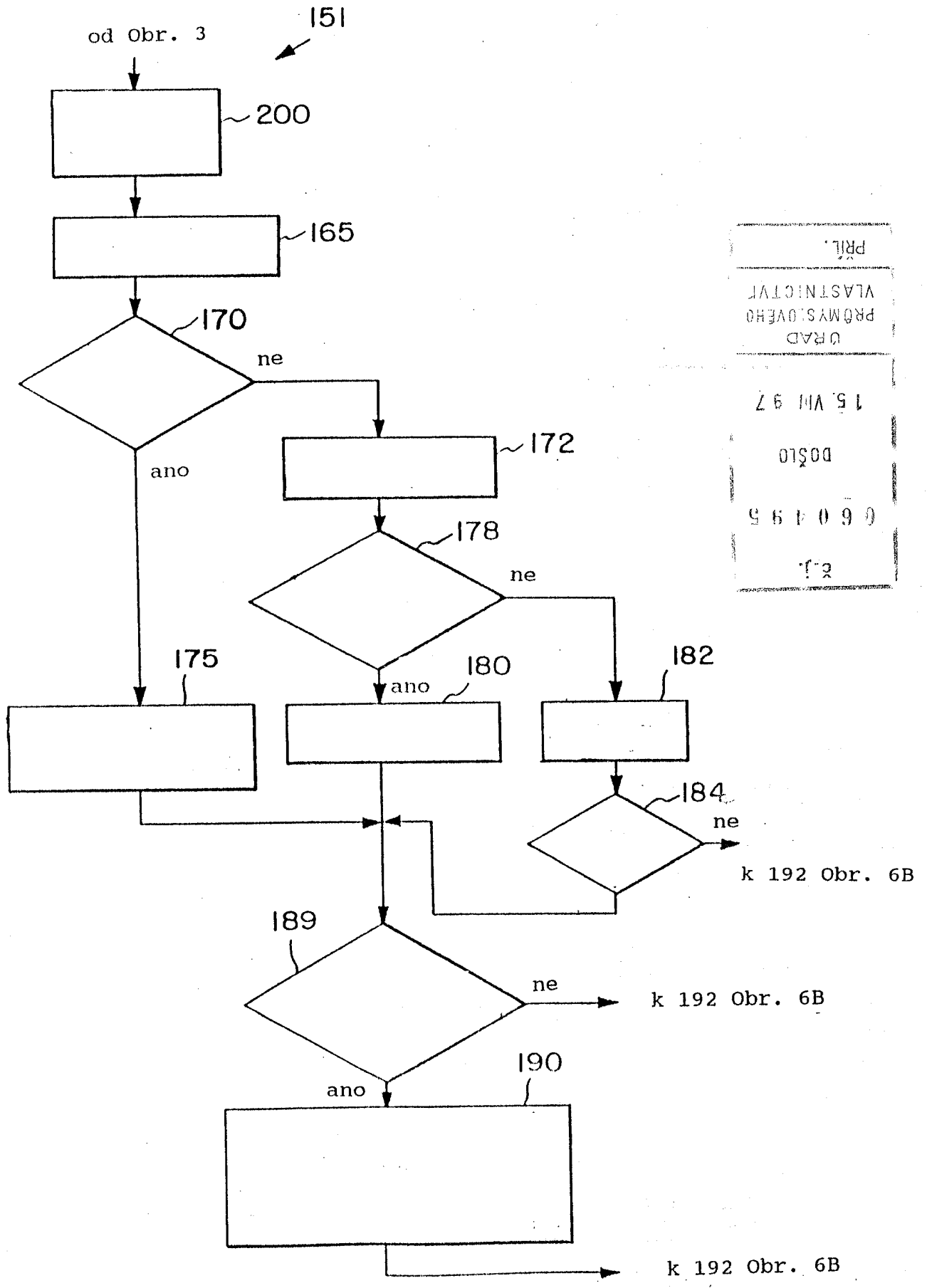


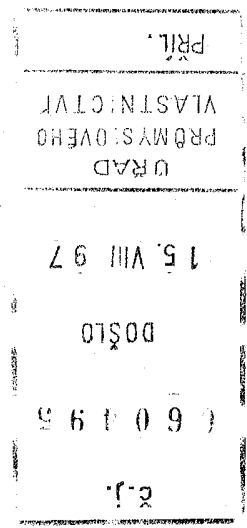
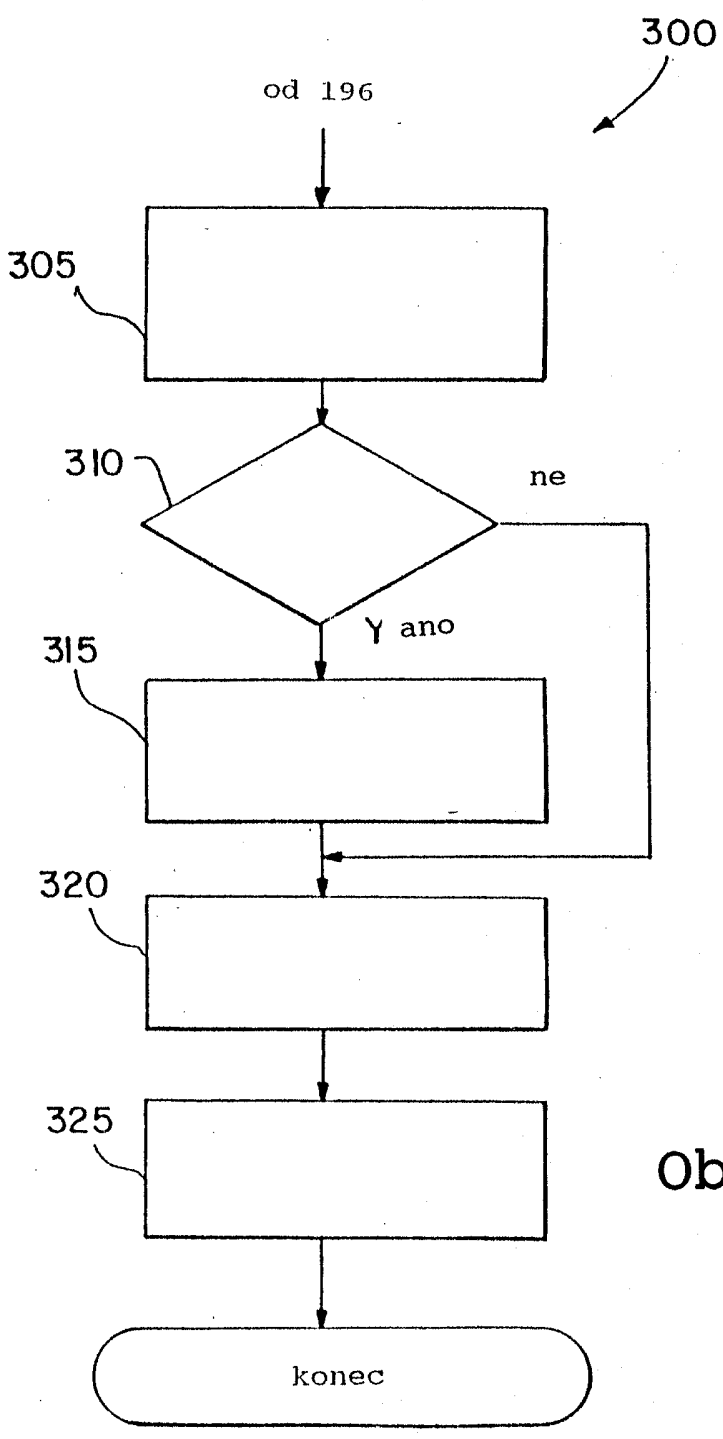
PRIL.
PRŮMYŠLOVÉHO
ÚRAD
15. VIII 97
DOŠLO
060495
č.j.

Obr. 5B

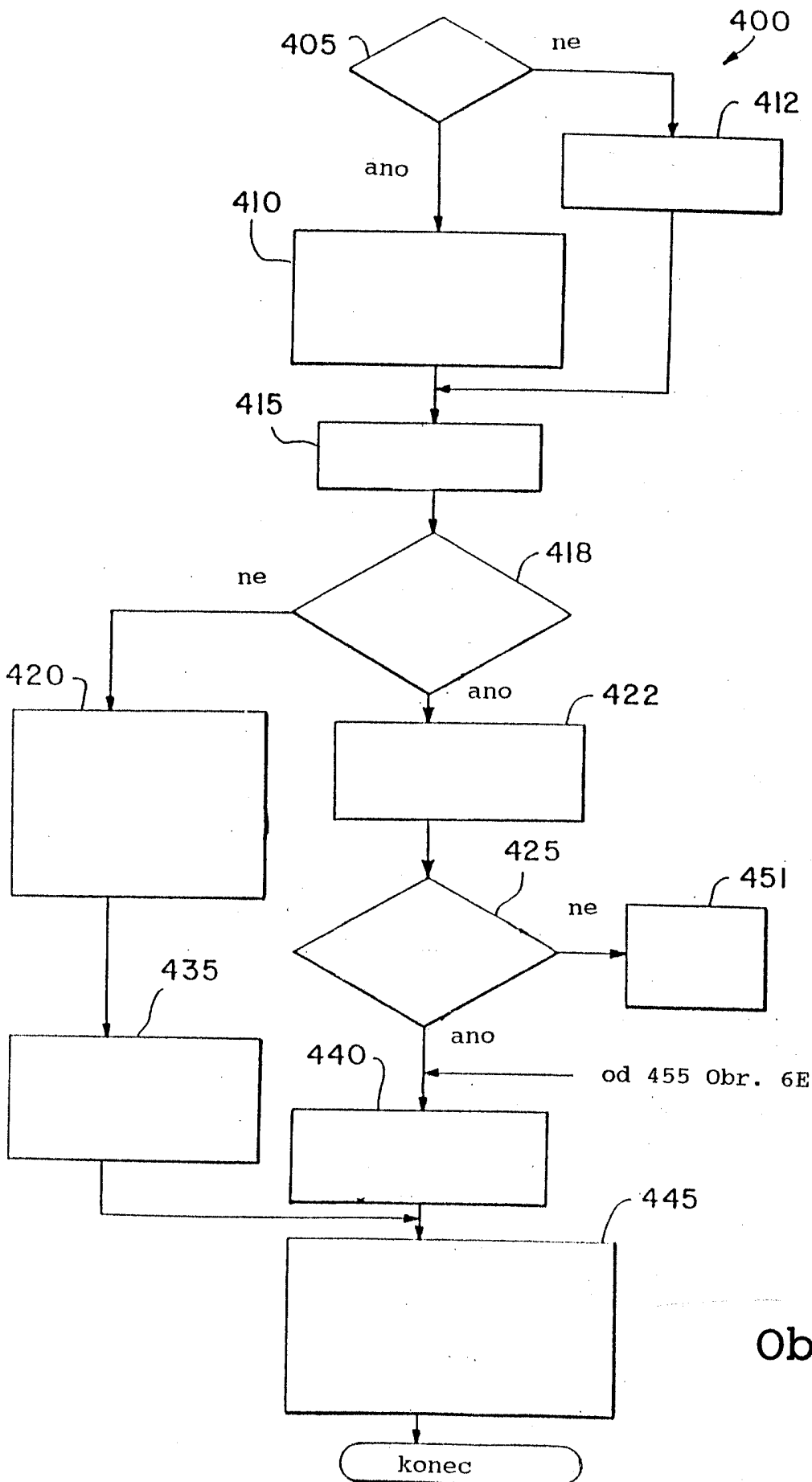


Obr. 6A





Obr. 6C

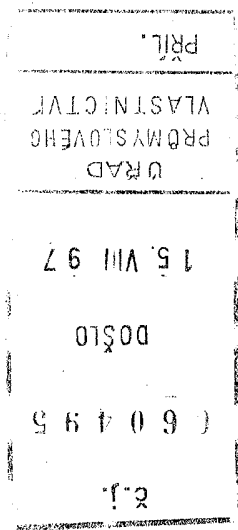
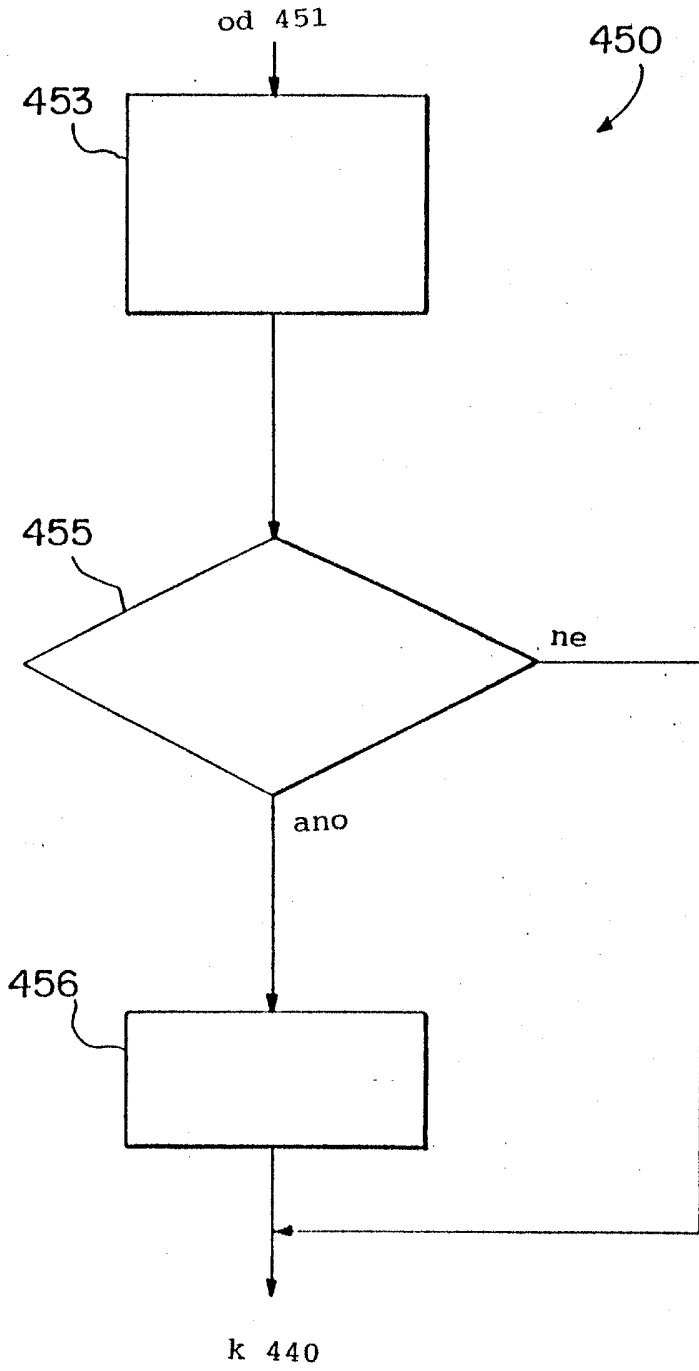


PRIL.
VLASTNICTV
PRŮMYŠLOVNO
URAD
15 VIII 97
DOŠLO
060195
č.j.

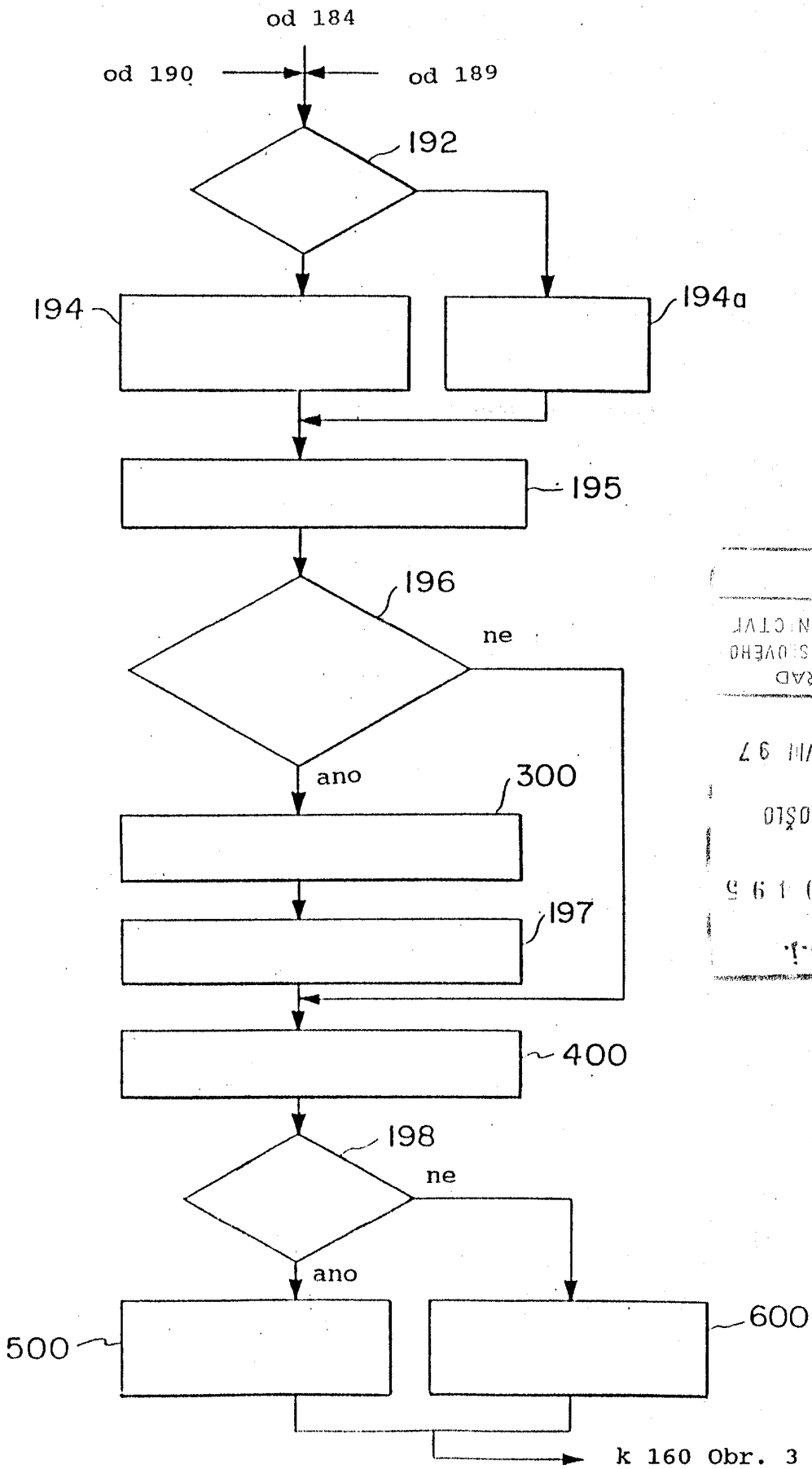
od 455 Obr. 6E

Obr. 6D

Obr. 6E



Obr. 6B

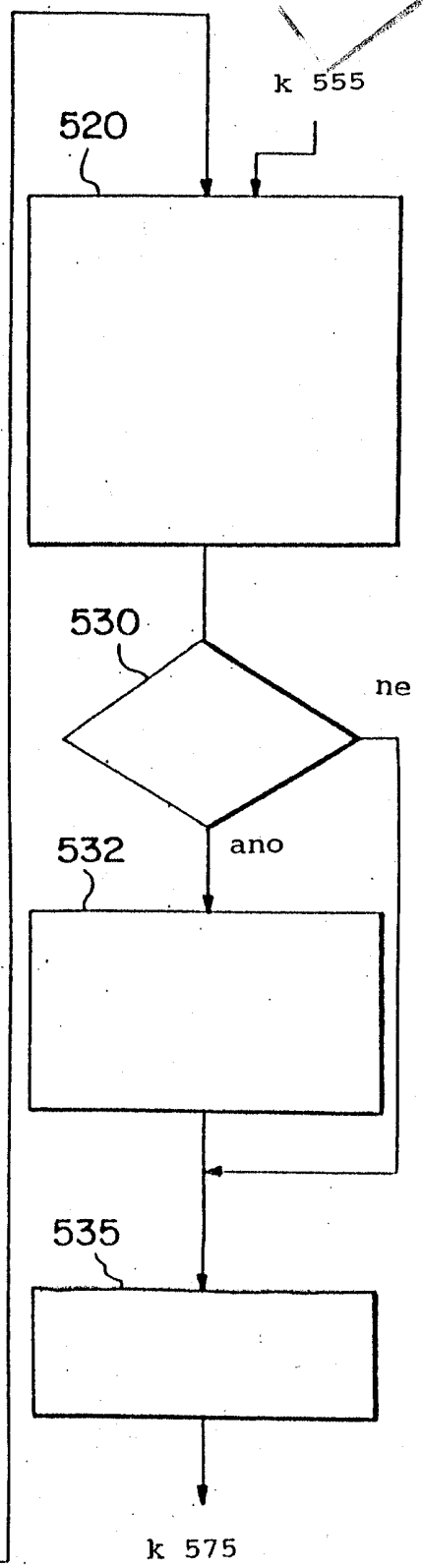
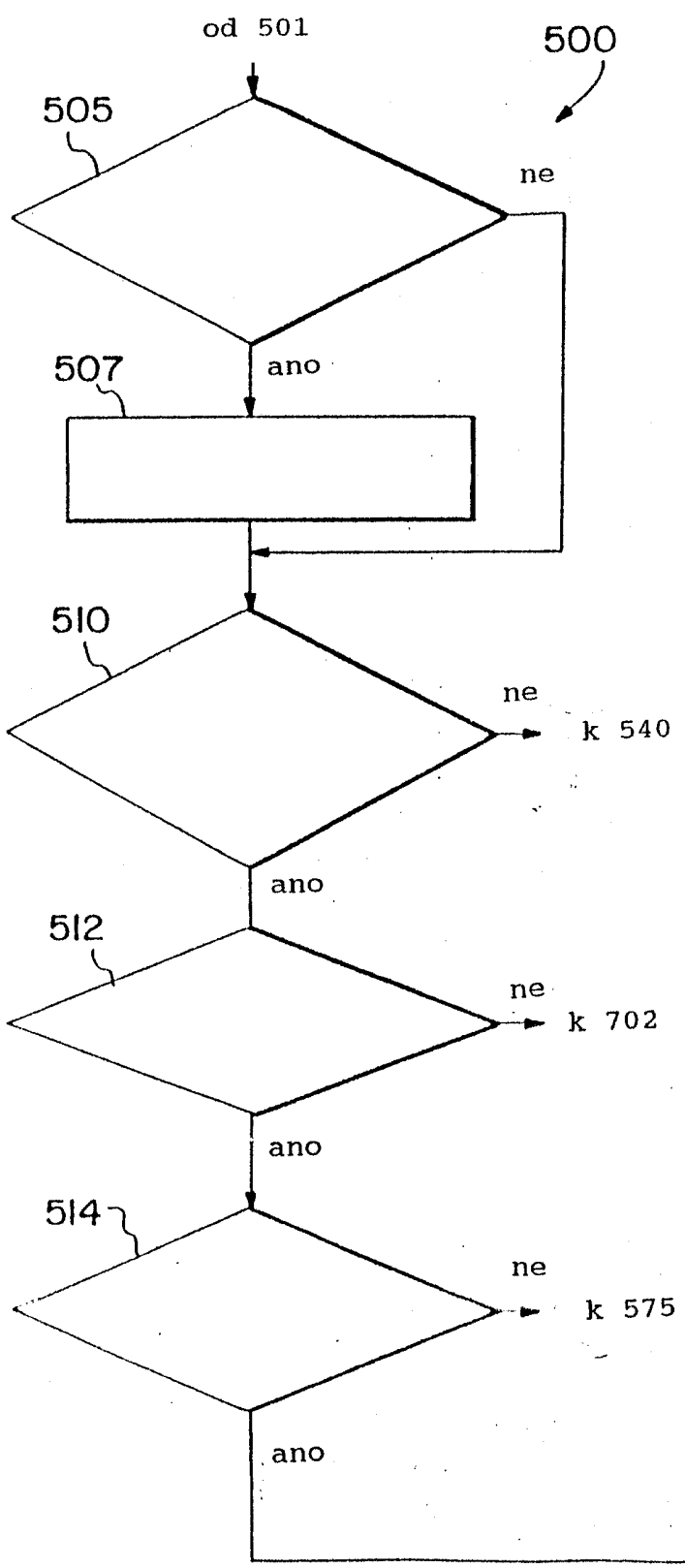


PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYSLOVHO
ÚRAD
15. VII 97
DOŠLO
60195
2.1.

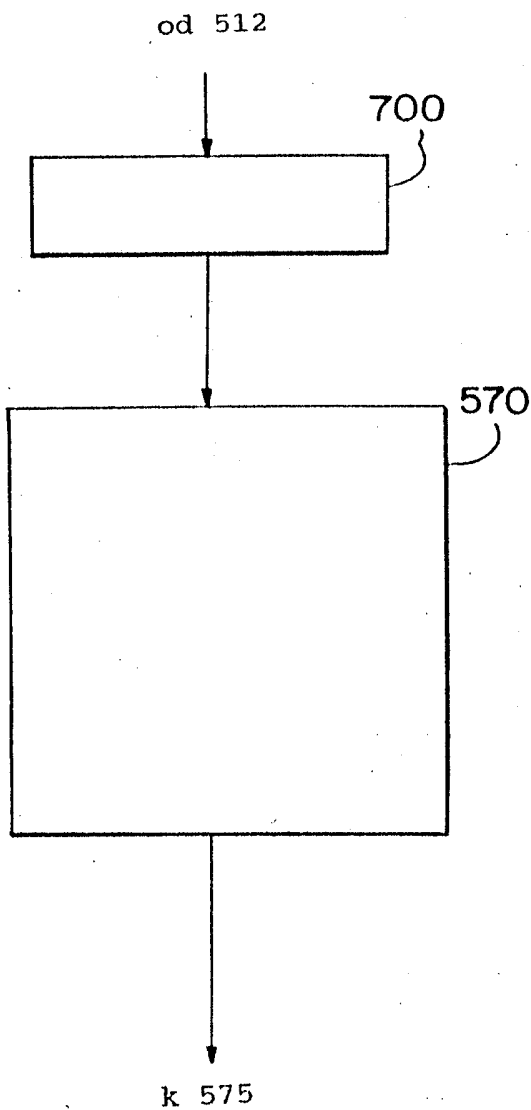
Pr 1023-97

U RAD
PRŮMYSLOVHO
VLASTNICTV
PRŮL.
15. VIII 97
00300
660495
1:2

Obr. 7A



Obr. 7B

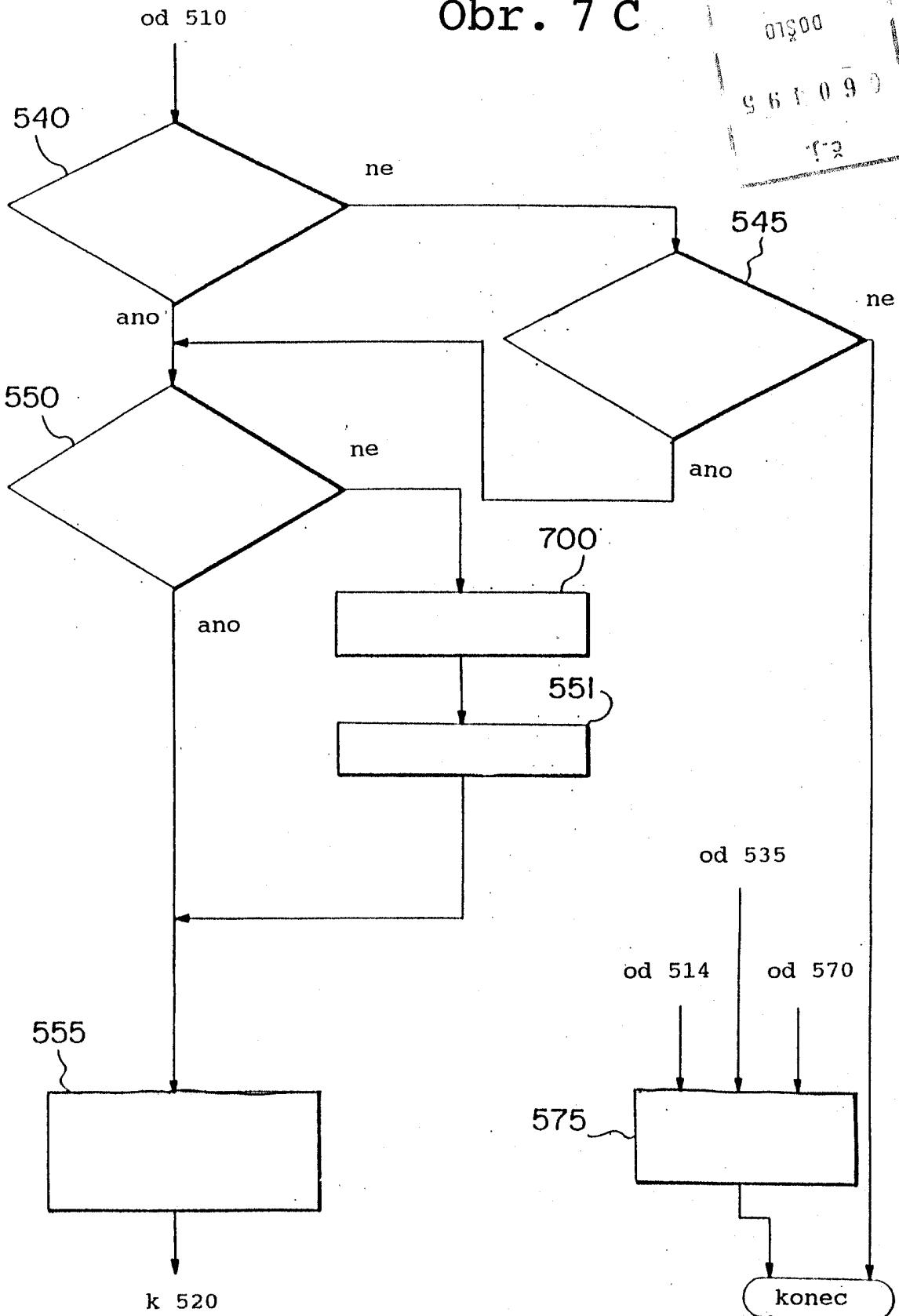


PRIL.
VLASTNICTV
PRŮMYŠLOVENH
URAD
15. VIII 97
DOŠLO
(6 0 4 9 5)
č.j.

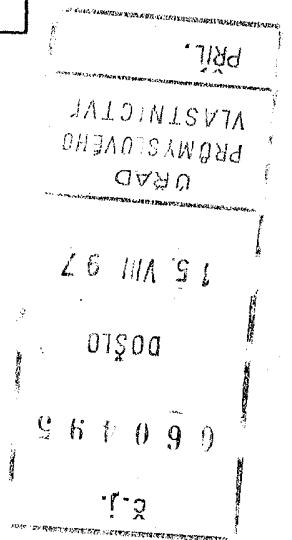
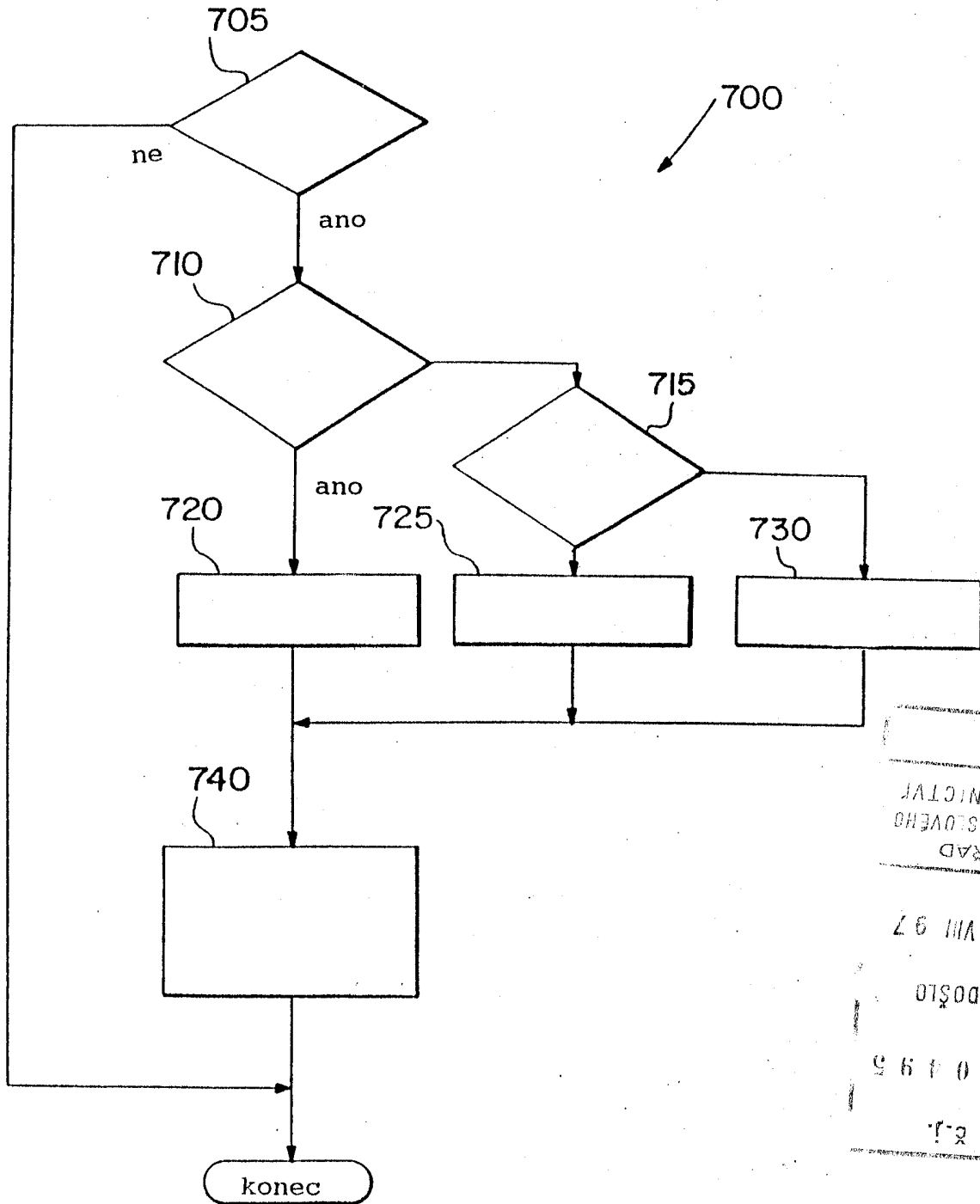
PV 1023-97

PRIL.
VLASTNICTV
PRDMYSLOVHO
URAD
26 IIIA '91
00510
9 6 1 0 9 9
12

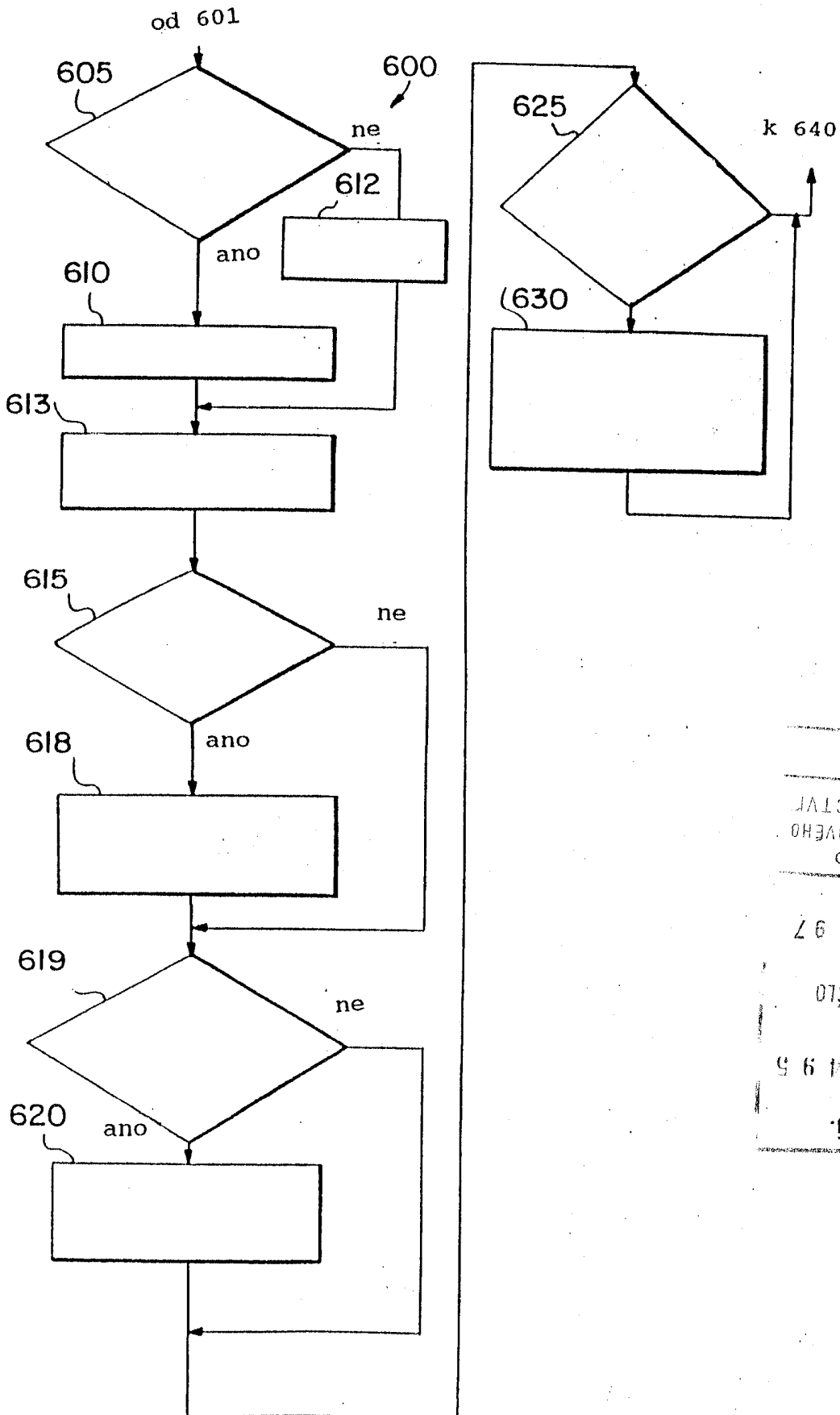
Obr. 7 C



Obr. 7 D

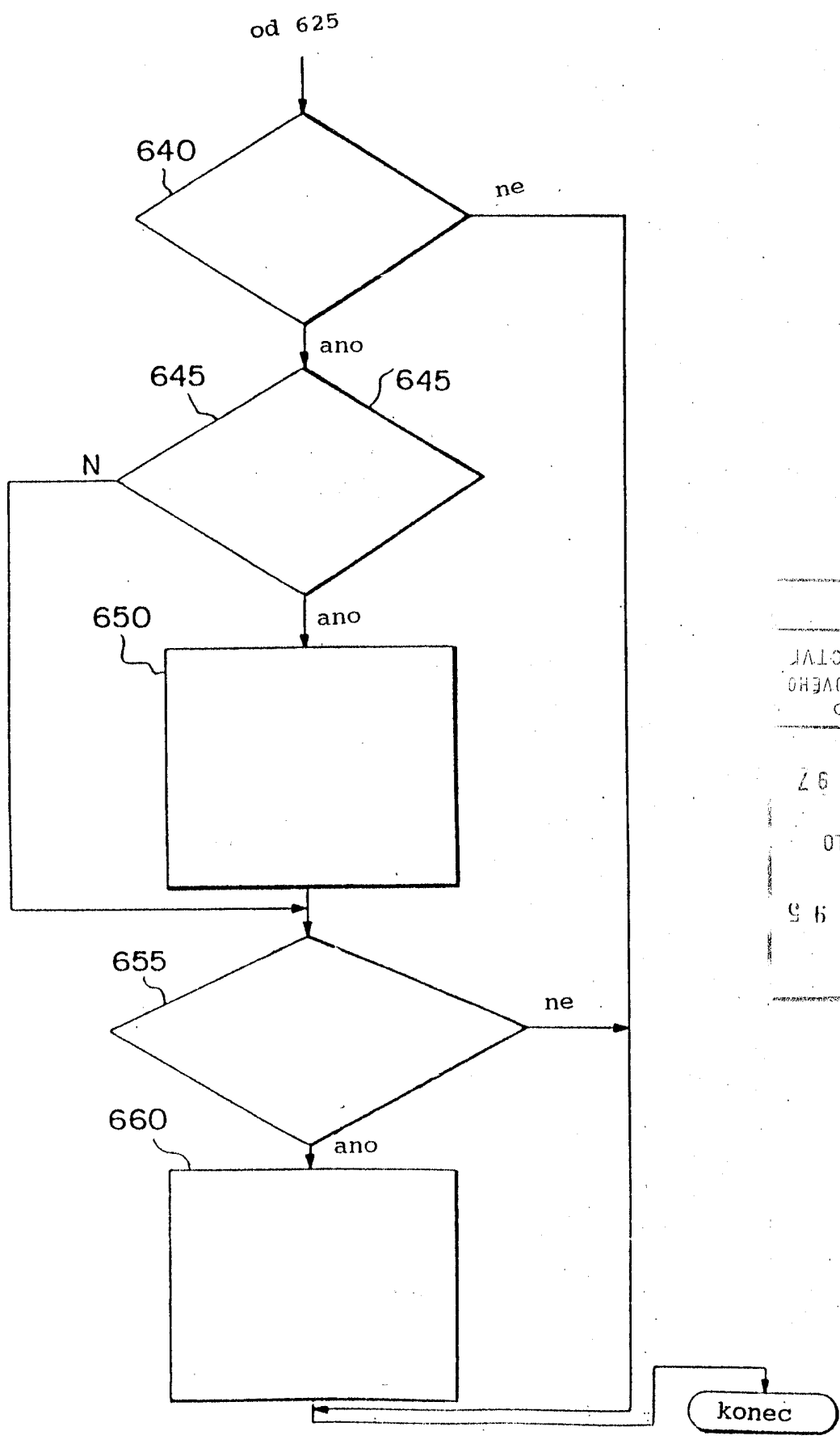


Obr. 8A

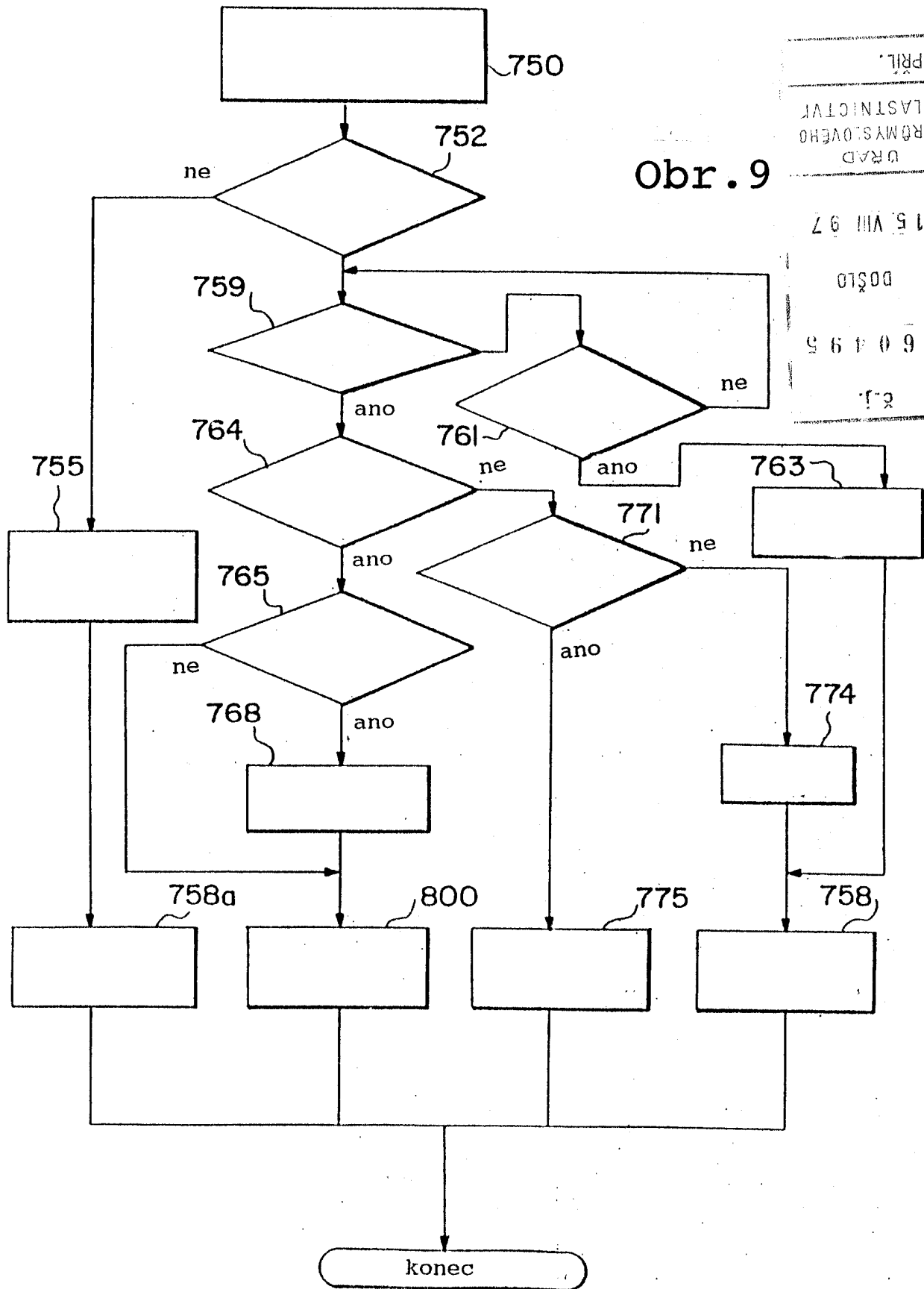


PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYŠLOVHO
ÚŘAD
15. VII 97
DOŠLO
(6 0 4 9 5)
r.j.

Obr. 8B



PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYSLOVÉHO
ÚRAD
15. VIII 97
00310
60495
2.1.



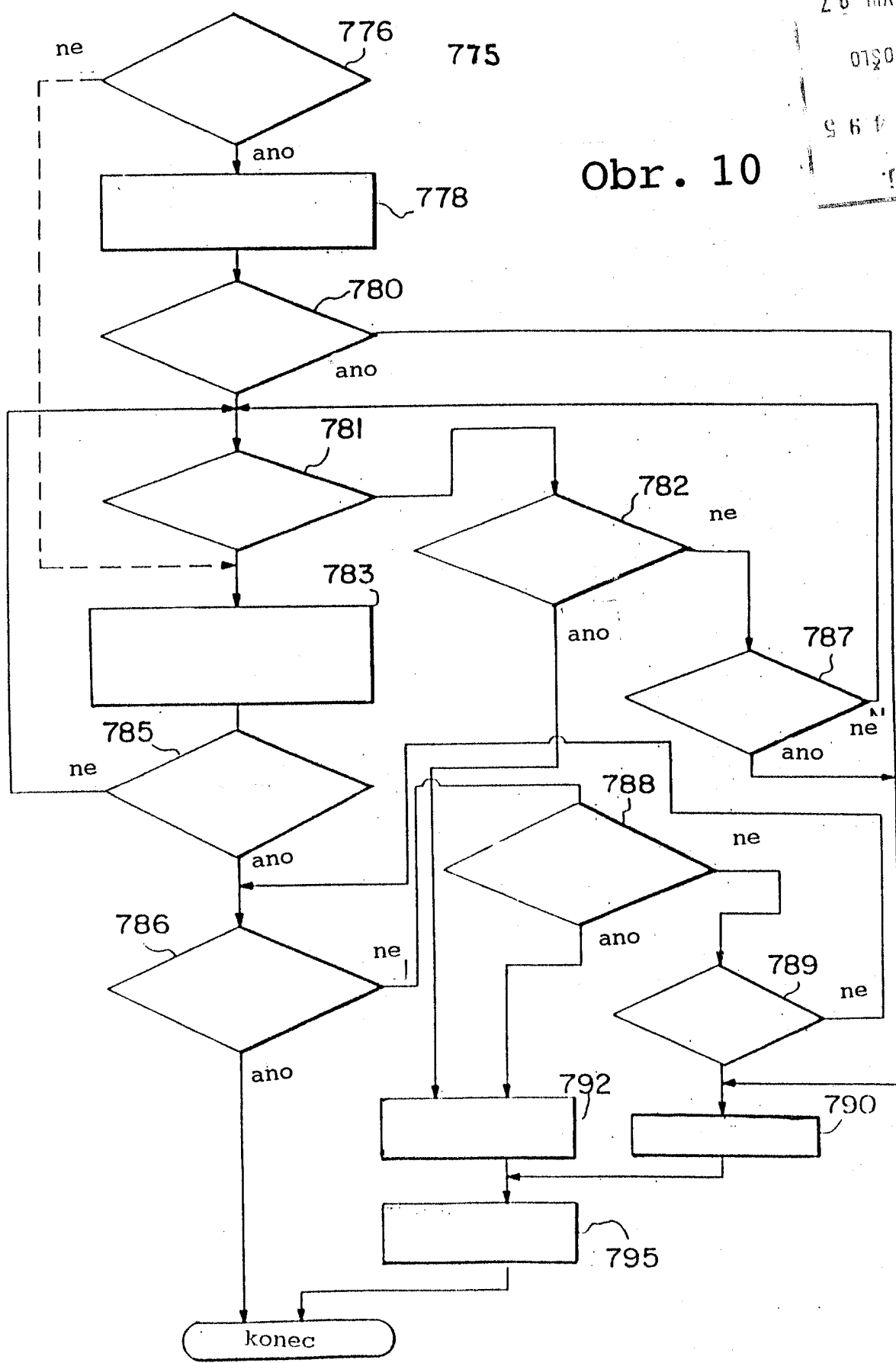
Obr. 9

PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYŠLOVÉHO
ÚRAD
15. VIII 97
00510
060495
č.j.

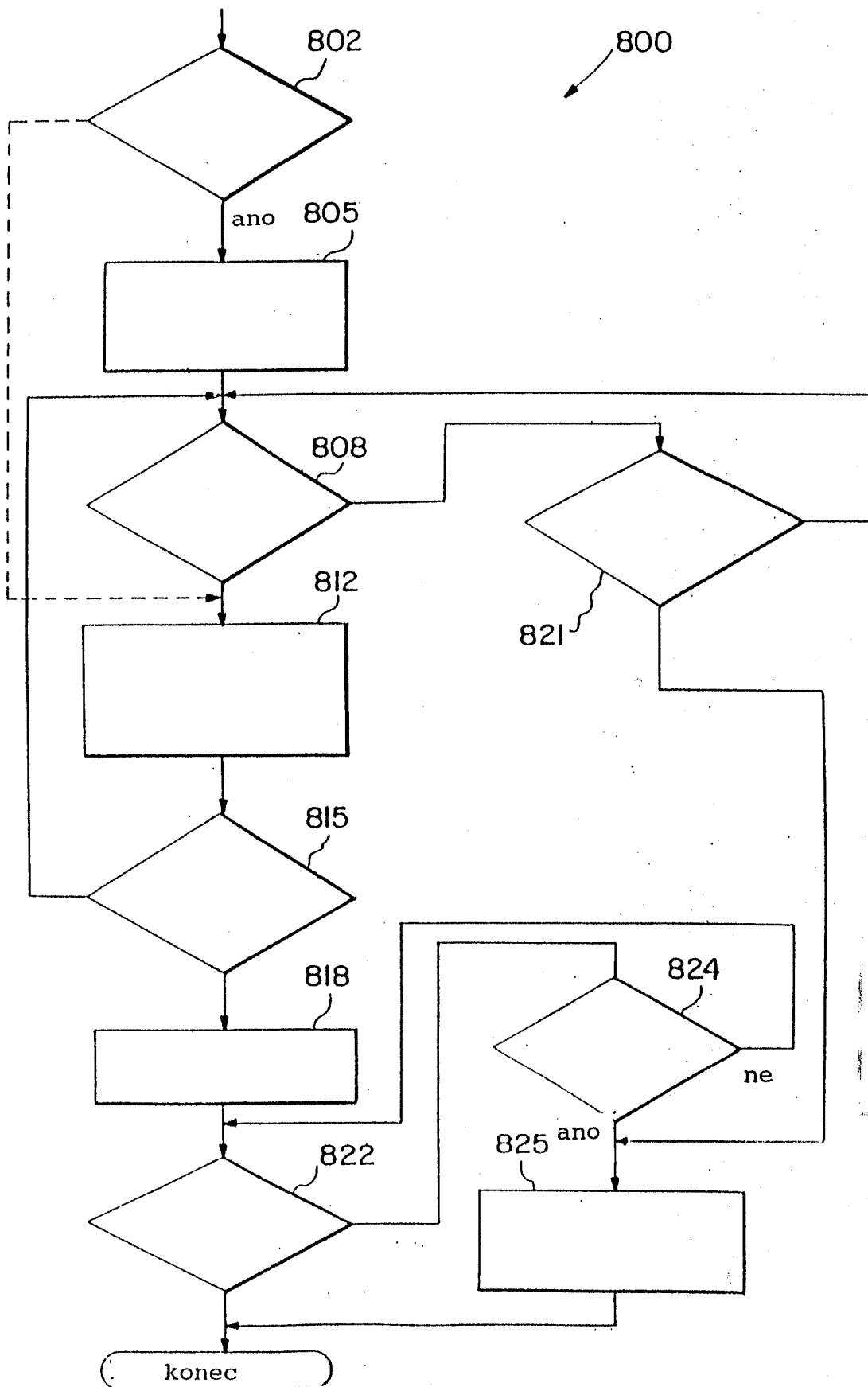
PL 1023-97

PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYSLOVÉHO
ÚRAD
15. VIII 97
00810
060495
č.j.

Obr. 10

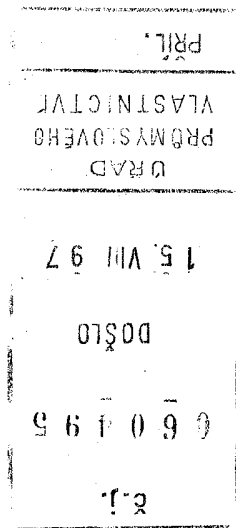
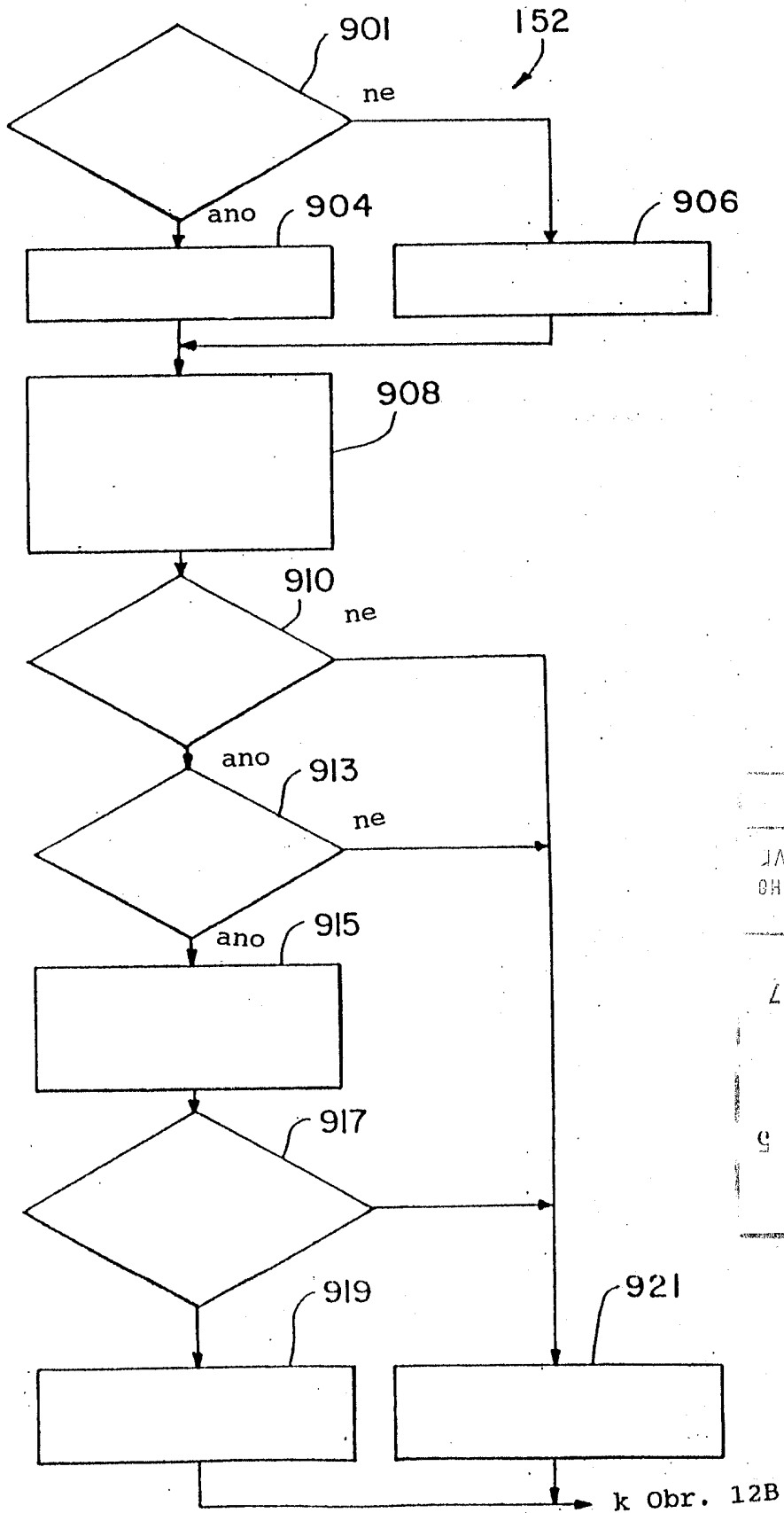


Obr. 11



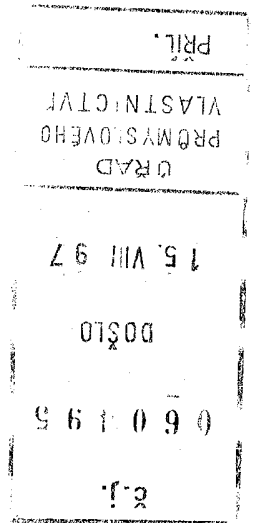
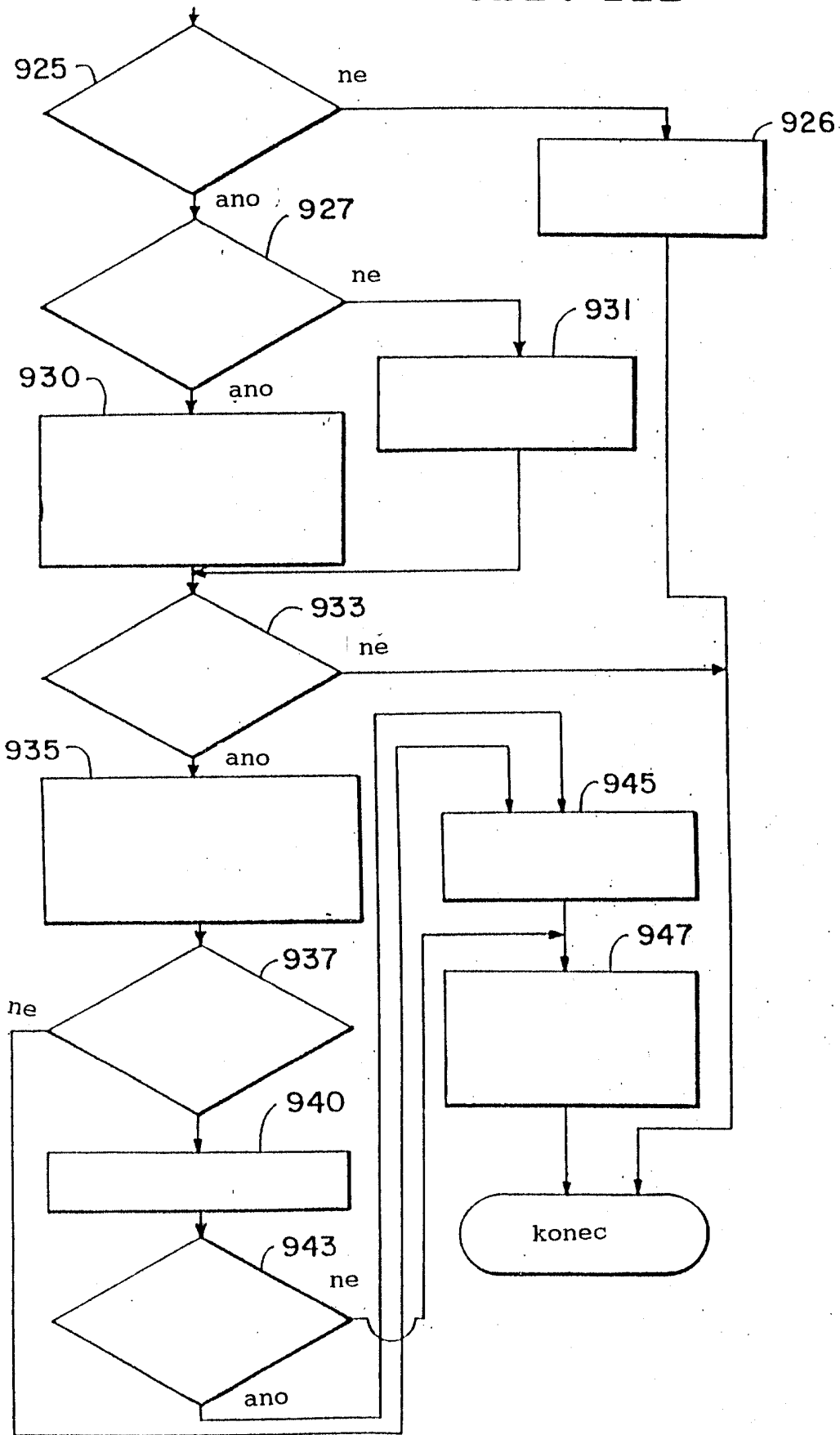
PRIL.
PRŮMYSLOVÉHO
ÚŘADU
15. VIII 97
060495
2.1.

Obr. 12A

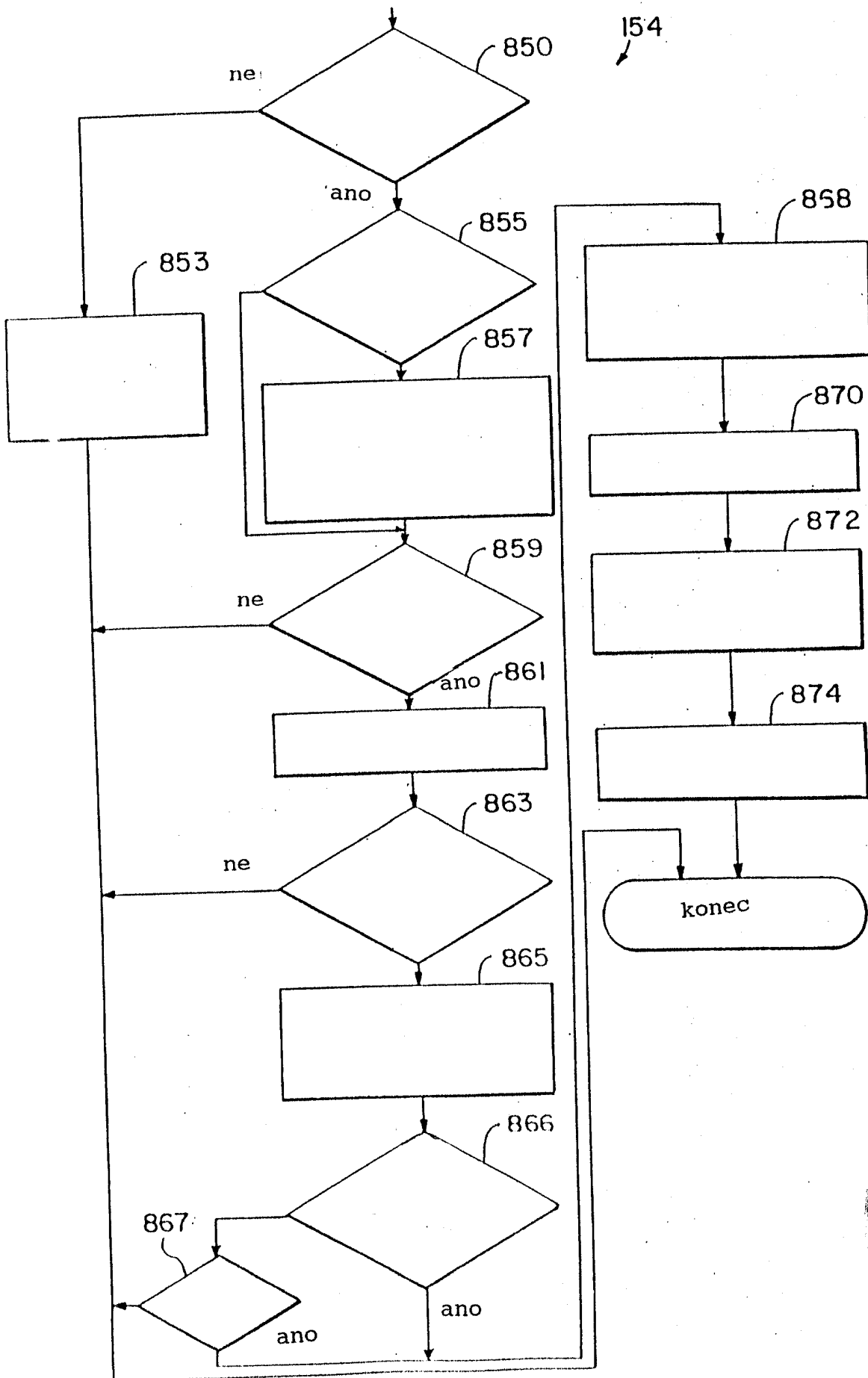


od Obr. 12A

Obr. 12B

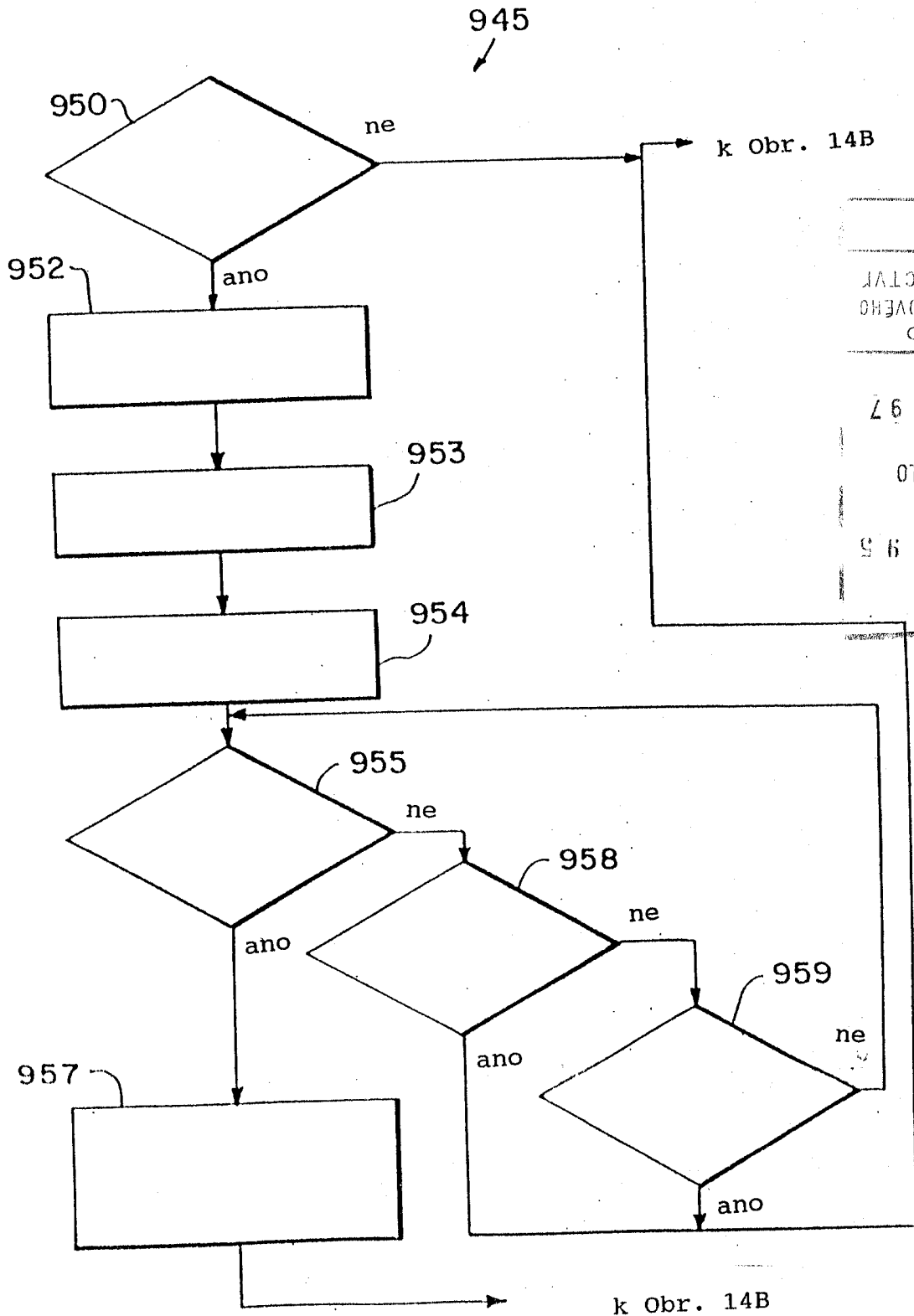


Obr. 13



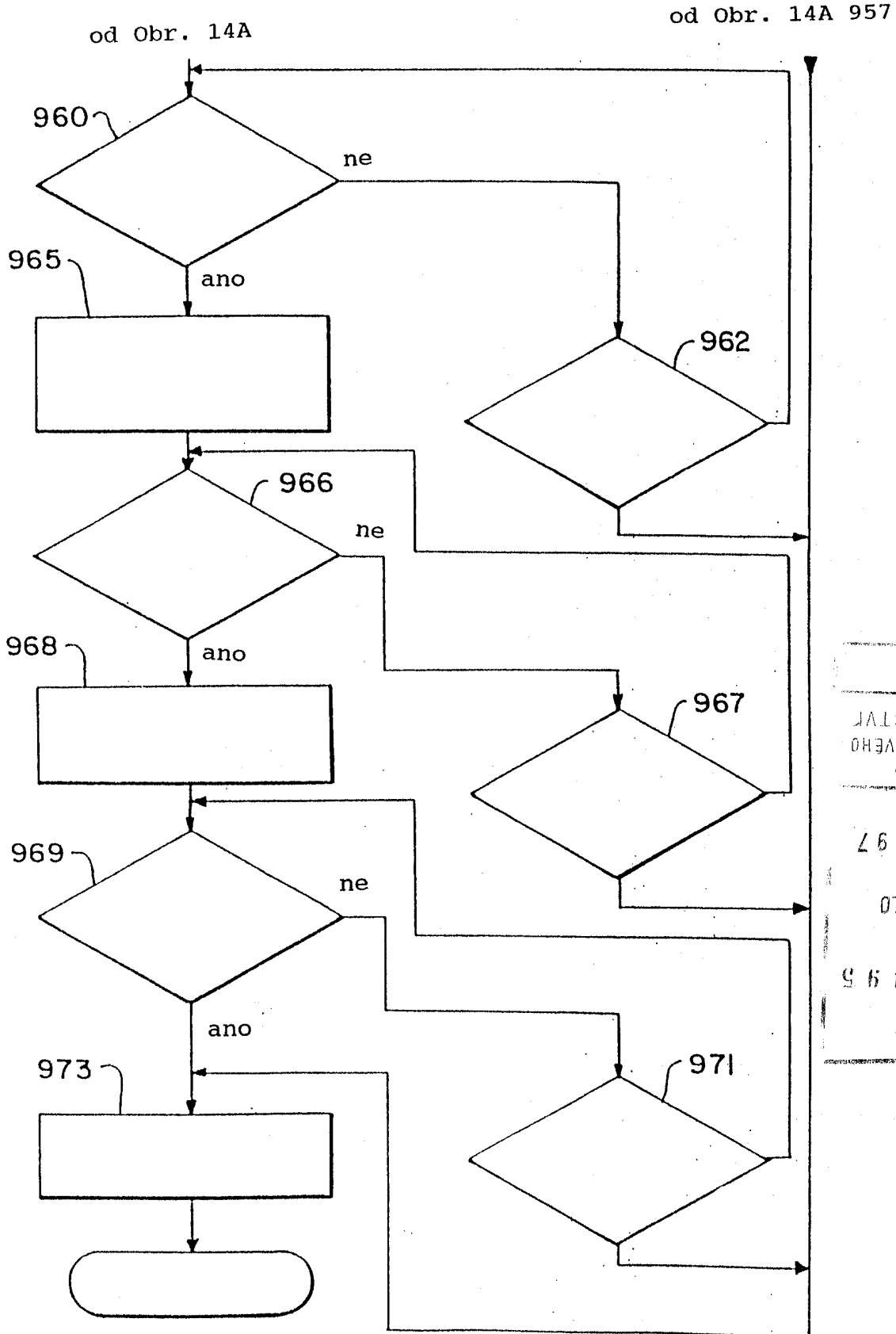
PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYSLOVÉHO
ÚRADU
15. VIII 97
DOŠLO
060495
2.1.

Obr. 14A



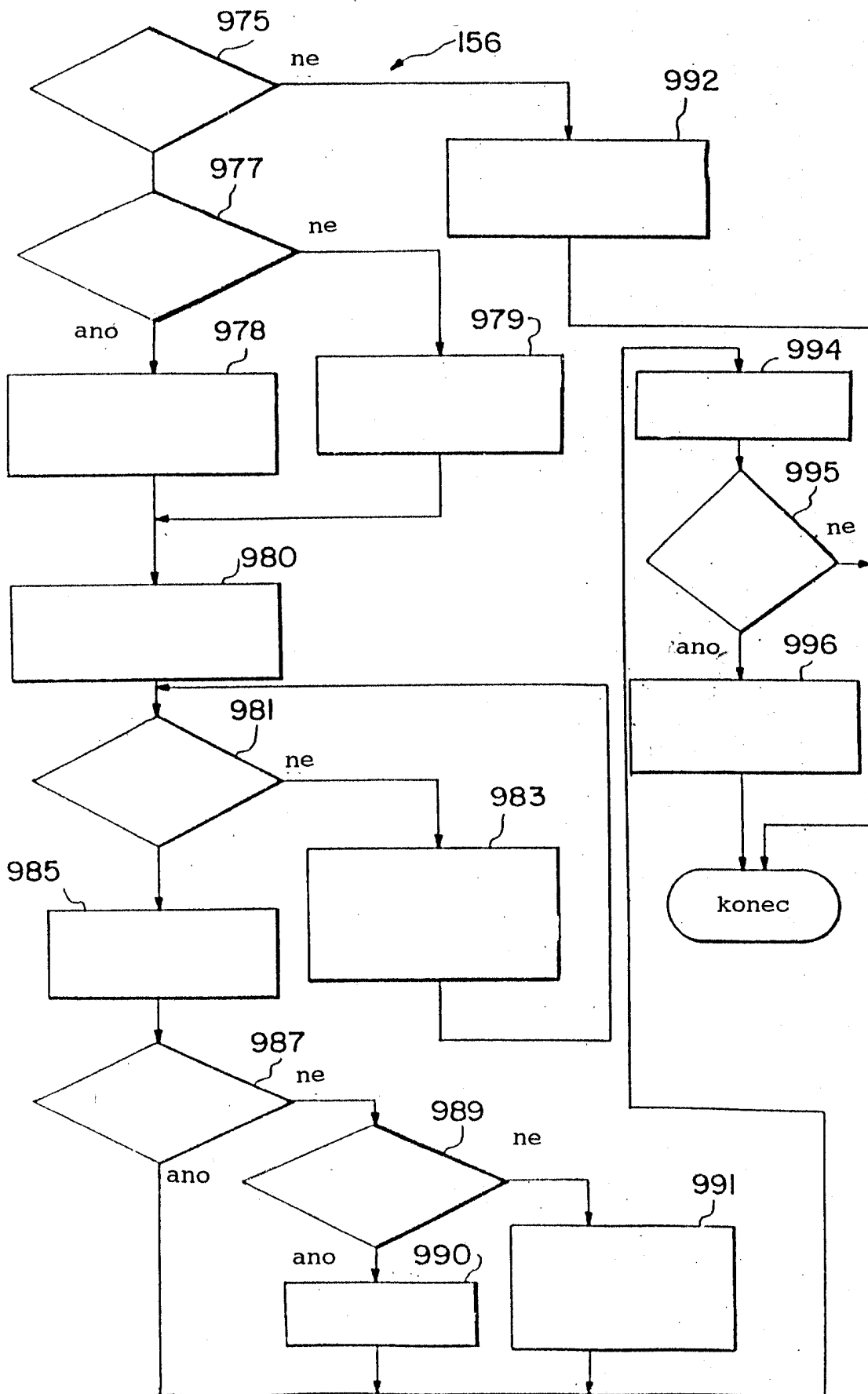
PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYŠLOVÉHO
ÚRAD
15. VIII 97
DOŠLO
060495
2.J.

Obr. 14B



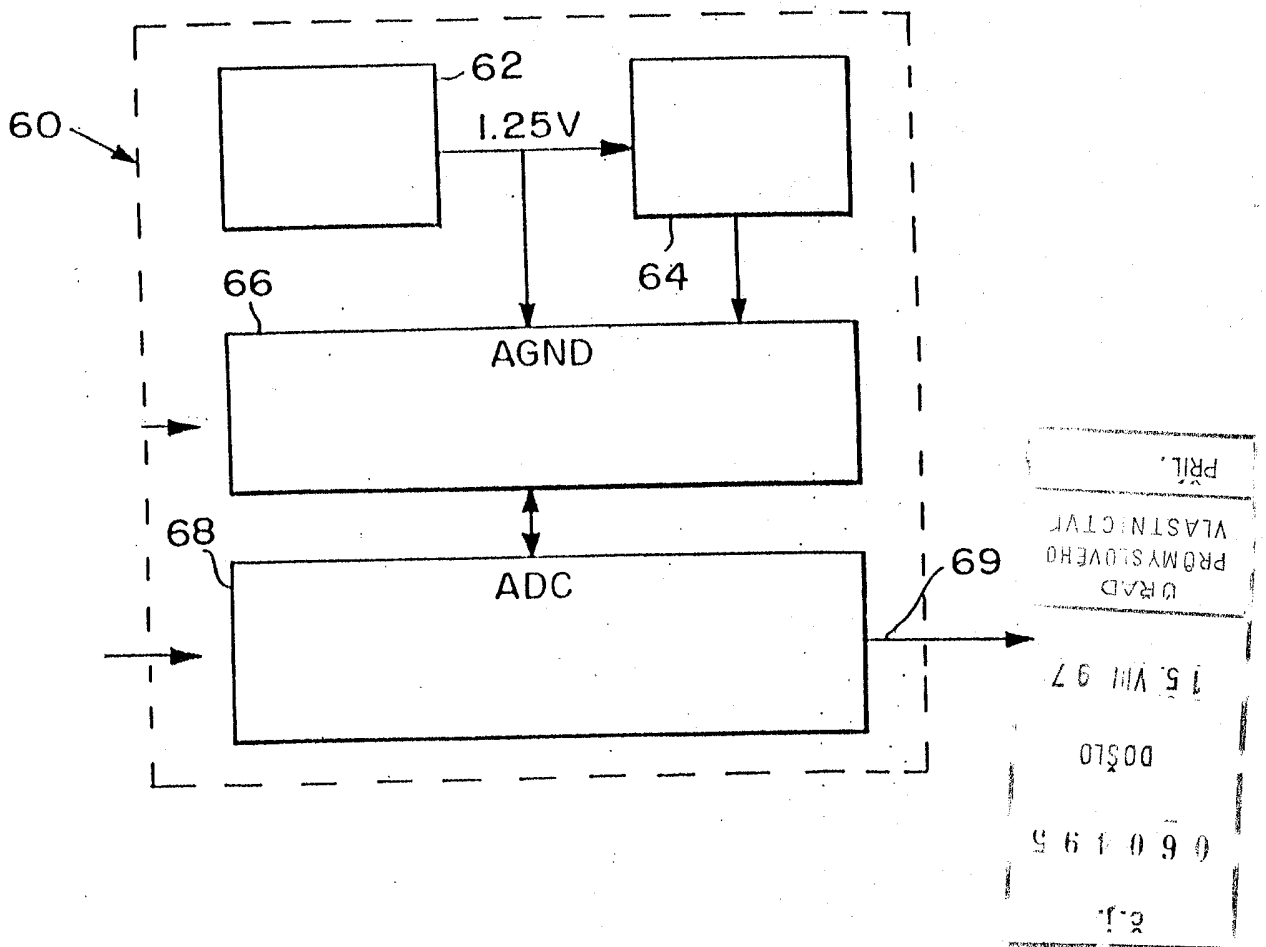
PRIL.
VLASTNICTV
PRŮMYSLOVHO
URAD
15. VIII 97
DOŠLO
660495
2-1

Obr. 15

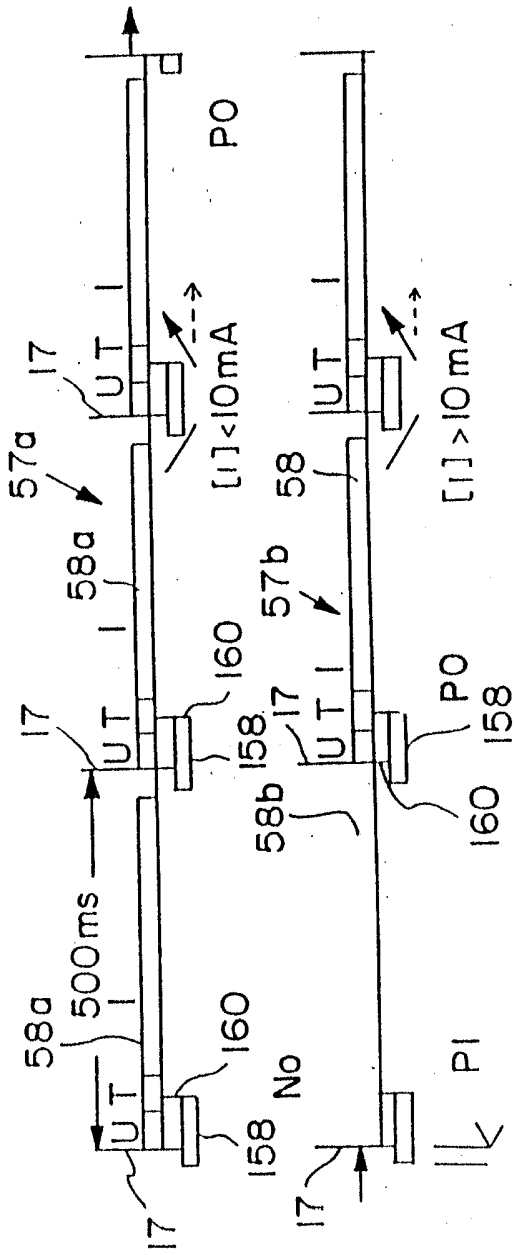


PRIL.
VLASTNICTVI
PRŮMYŠLOVÉHO
ÚRAD
15. VIII 97
DOŠLO
060495
č.j.

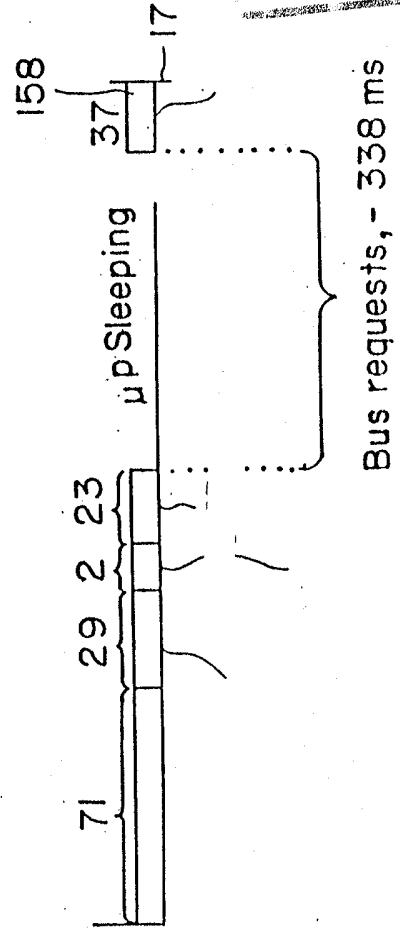
Obr. 16



Obr. 17A



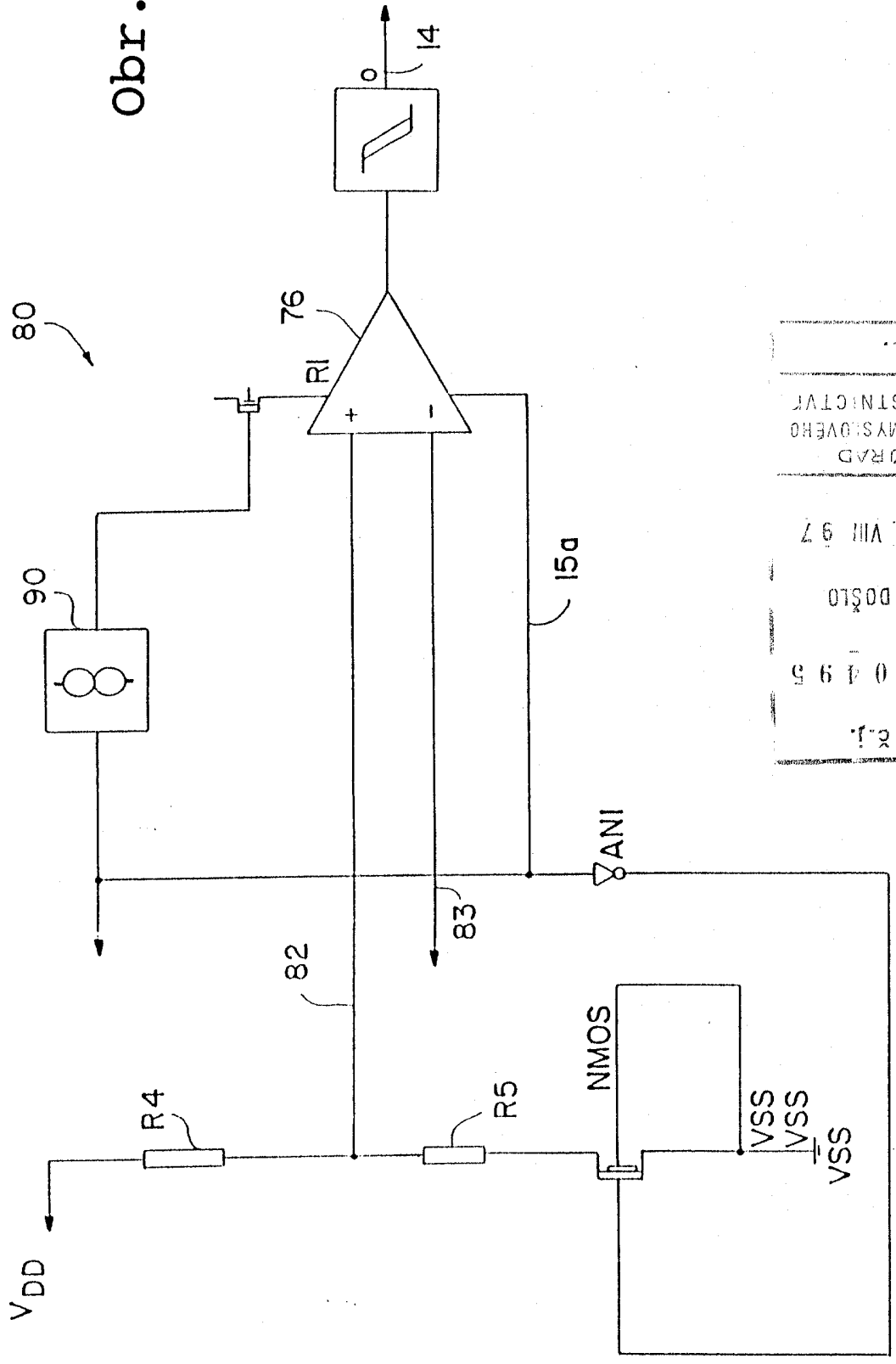
Obr. 17B



60495
 DOŠLO 15. VII 97
 ÚRAD PRŮMYSLOVÉHO
 VLASTNICTVÍ
 PŘIL.

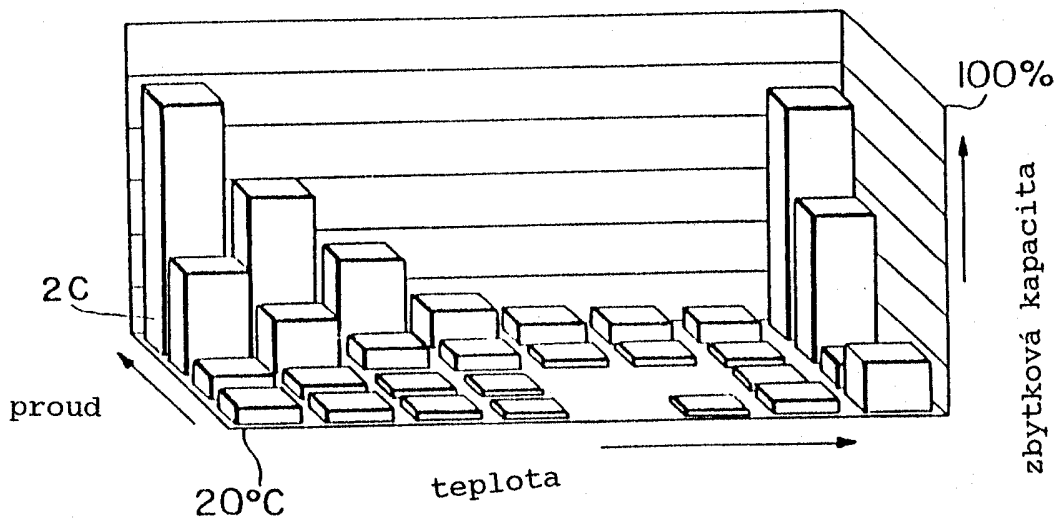
PV 1023-97

Obr. 18



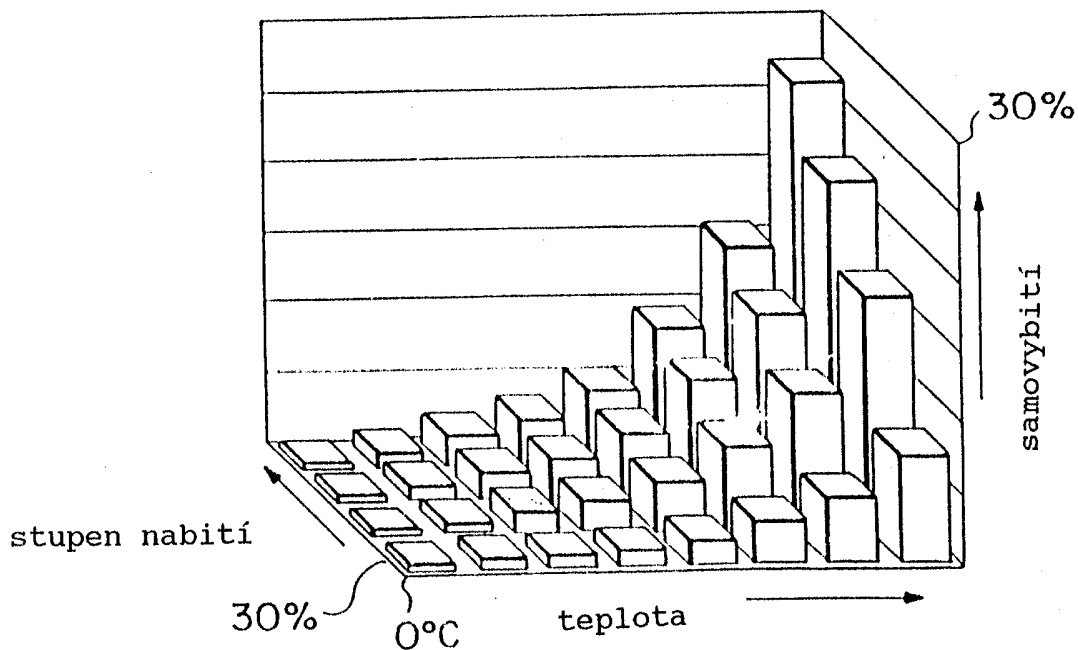
PRIL.
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNÍCTVÍ
ÚRAD
15. VIII 97
DOŠLO
(60495
č.j.

Obr. 19A

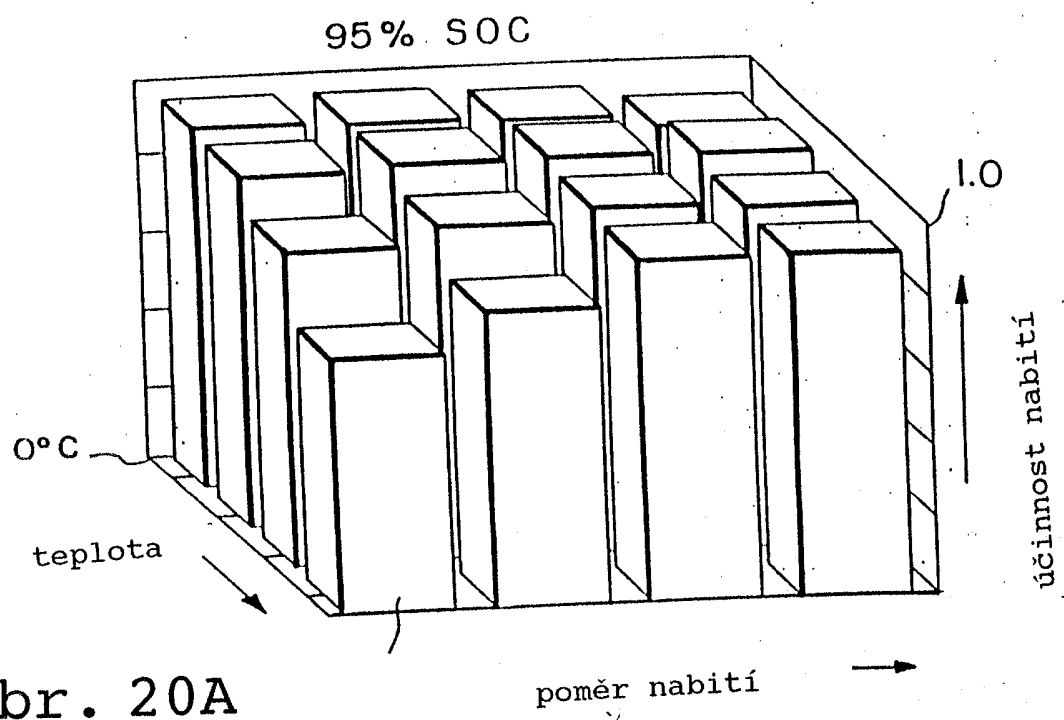


PRIL.
 VLASTNICTVI
 PRŮMYŠLOVÉHO
 ÚŘADU
 15. VIII 97
 DOŠLO
 6 6 1 0 9 9
 z.j.

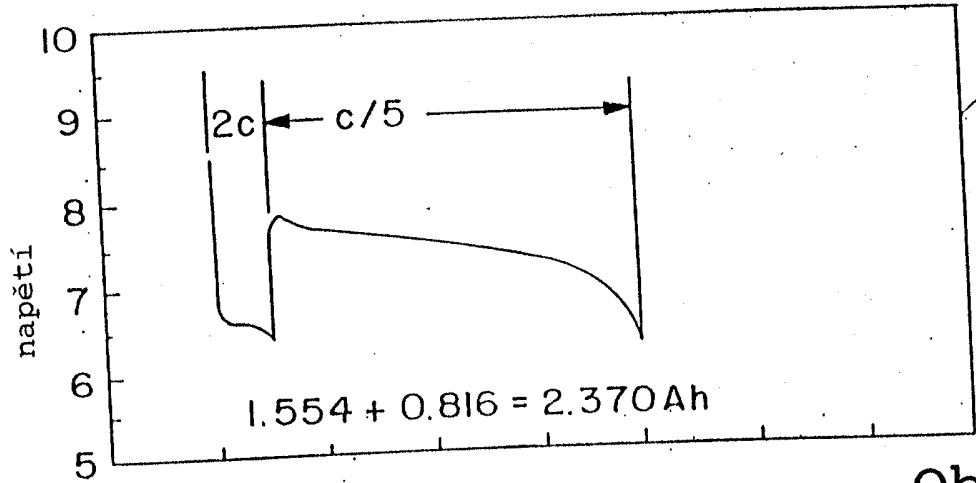
Obr. 19B



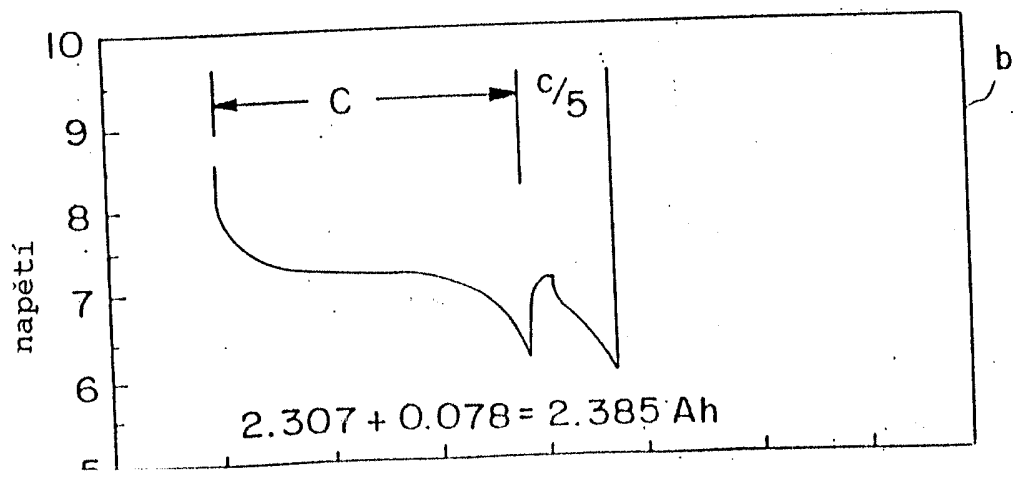
Obr. 19C



Obr. 20A



Obr. 20B



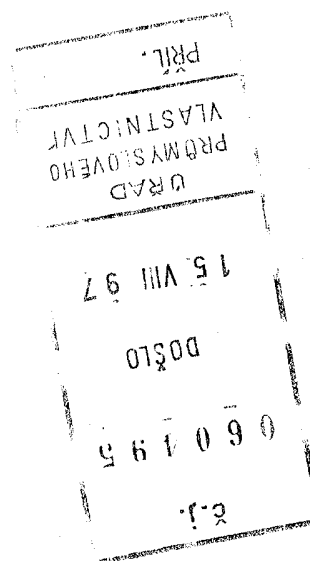
Překlad slovních textů uvedených u obrázků - 24 70463

Obr. 1

- 10 - inteligentní baterie
- 12 - napájecí rovina
- 14 - sběrnice SMBUS
- 16 - hostitelské zařízení
- 18 - systémový napájecí zdroj
- 22 - inteligentní nabíječ
- 24 - teplota

Obr. 2B

- 36 - vnější krystal
- 48 - oscilátor na čipu
- 53 - budič LED
- 61 - registr
- 70 - paměť ROM programu
- 75 - rozhraní sběrnice SMBUS



Obr. 3

- 15, 17 - oživení
- následuje blok bez čísla: Žádost ze sběrnice?
- 100 - inicializace
- 25 - zpracování žádosti
- 23 - klidový mód
- 130 - zablokování žádosti ze sběrnice, povolení A/D převodu
- 139 - je vyvolaná hodnota rovna 1?
- 140 - získání prvotních hodnot I, U a T
- 141 - nastavení příznaku A/D měření skončeno do 1
- 142 - $I/I < 10 \text{ mA}$
- 143 - je příznak vzorkovacího módu vymazán?
- 144 - vstup do vzorkovacího módu

- 145 - ukončení vzorkovacího módu
- 146 - nastavení vyvolaných hodnot na 0
- 147 - zablokování A/D převodníku
- 148 - nastavení vyvolaných hodnot na 1
- 149 - start A/D převodu
- 150 - je příznak A/D měření skončeno = 1?
- 151 - výpočet kapacity
- 152 - řízení poplachu
- 154 - řízení nabíječe
- 156 - displej LED
- 158 - povolení žádosti ze sběrnice

Obr.4

- 102 - je kontrolní součet = 0?
- 104 - výpočet proměnné „kontrola“
- 106 - je kontrolní součet = „kontrola“?
- 108 - úplné vymazání RAM
- 110 - přiřazení implicitních hodnot
- 112 - znovunastavení časovačů
- 114 - konec inicializace

Obr.5A

- 205 - převod prvotní hodnoty proudu získané A/D převodem na skutečný proud I
- 210 - převod prvotní hodnoty napětí sady získané A/D převodem na skutečné napětí U
- 212 - kontrola, je-li napětí > 0,9V/článek
- 214 - záložní mód
- 215 - převod prvotní hodnoty teploty získané A/D převodem na skutečnou teplotu T
- 220 - úprava měřítka hodnot termistoru za účelem určení teploty
- 222 - je $T \geq AL_HI_TEMP$?
- 224 - nastavení příznaku HI_TEMP_ALARM

- 226 - vymazání příznaku HI_TEMP_ALARM
- 227 - kapacita se zvětšuje?
- 228 - nastavení příznaku TERMINATE_CHARGE_ALARM
- 230 - je $T > T_{max}$?
- 235 - $T_{max} = T$

Obr.5B

- 240 - snížení časovače pro výpočet dT
- 242 - uplynul čas časovače dT?
- 245 - 1. výpočet dT
 - 2. přiřazení současné teploty T jako příští staré teploty
 - 3. znovunastavení časovače dT
- 247 - je $dT \geq AL_DTEMP$?
- 248 - vymazání poplachu
- 249 - nastavení poplachu
- 250 - snížení časovače pro výpočet dU
- 252 - uplynul čas časovače dU?
- 255 - 1. výpočet dU
 - 2. přiřazení současného napětí U jako příštího starého napětí
 - 3. znovunastavení časovače dU
- 260 - je baterie ve stavu snižování kapacity a je $U < \text{limit EDV}$?
- 262 - nastavení příznaku EOD, nastavení poplachu ukončení vybíjení
- 264 - vymazání příznaku EOD, vymazání poplachu ukončení vybíjení, zablokování znovunastavení kapacity

Obr.6A

- 200 - provedení výpočtu proudu, napětí a teploty (IUT)
- 165 - aktualizace průměrného proudu lavg
- 170 - je proud $\leq 3\text{mA}$?
- 172 - vymazání příznaku samovybíjení

- 175 - baterie je ve stavu vybití, nastavení příznaku samovybití
- 178 - kapacita se zvyšuje?
- 180 - nastavení příznaku zvyšování kapacity
- 182 - nastavení příznaku snižování kapacity
- 184 - je nastaven příznak EOD_UH?
- 189 - je nastaven příznak znovunastavení kapacity?
- 190 - nastavení zbývající kapacity (jako funkce IUT) na hodnotu zbytkové kapacity, znovunastavení registru chyb, zablokování znovunastavení kapacity

Obr.6B

- 192 - změna stavu?
- 194 - realizace časovacího filtru pro vyloučení změny stavu
- 194a - znovunastavení časovacího filtru
- 195 - snížení časovače výpočtu samovybití
- 196 - uplynul čas časovače samovybití?
- 300 - provedení rutiny samovybití
- 197 - znovunastavení časovače samovybití
- 400 - provedení rutiny integrace proudu
- 198 - kapacita se zvyšuje?
- 500 - provedení rutiny koncových podmínek zvyšování kapacity
- 600 - provedení rutiny koncových podmínek snižování kapacity

Obr.6C

- 305 - získání intenzity samovybití jako funkce stavu nabití (SOC) a teploty T z vyhledávací tabulky (LUT)
- 310 - kapacita se snižuje?
- 315 - výpočet snížení kapacity od poslední změny stavu
- 320 - zohlednění účinků intenzity samovybití na výpočet chyby
- 325 - snížení integrálu kapacity intenzitou samovybití
(pozn.: na obr. je slovo „zvýšení“ (increment), avšak jedná se zřejmě o chybu, neboť v textu je „snížení“ (decrement))

bez označení - konec rutiny samovybíjení

Obr.6D

405 - je $CAP > 0$?

410 - výpočet stavu nabití ve vztahu ke kapacitě plného nabití

412 - přiřazení hodnoty 0 stavu nabití

415 - výpočet C_rate

418 - kapacita se snižuje?

420 - získání faktoru účinnosti nabíjení jako funkce stavu nabití,
 C_rate a teploty z LUT

422 - integrace náboje pro současný cyklus vybíjení

425 - je nastaven příznak samovybíjení?

435 - výpočet náboje za účelem zvýšení integrace

440 - výpočet náboje za účelem zvýšení integrace

445 - 1. integrace náboje pro výpočet chyby

2. výpočet chyby

3. integrace náboje pro výpočet kapacity

451 - výpočet zbytkové kapacity

bez označení - konec rutiny integrace

Obr.6E

453 - získání zbytkové kapacity z LUT jako funkce C_rate a
teploty

455 - je $C_rate >$ vysoká intenzita vybíjení a je nastaven příznak
konce vybíjení (EOD)?

456 - zablokování znovunastavení (příznak znovunastavení = 1)

Obr.7A

505 - je stav nabití $>$ 25% hodnoty plného nabití?

507 - vymazání stavového příznaku úplného vybití

510 - je splněna podmínka, umožňující spuštění dle dT/dt a je
 $dT >$ prahový limit?

512 - je nastaven příznak konce nabíjení (EOC)?

- 514 - je zbývající kapacita \geq kapacitě plného nabití?
- 520 - nastavení kapacity = kapacitě plného nabití
nastavení chybových registrů na nulu
vymazání příznaku přeplnění chyb
- 530 - je nabíječ stále zapnut?
- 532 - akumulace přebití v registru přebití
- 535 - nastavení poplachu přebíjení

Obr.7B

- 700 - zjištění počtu článků
- 570 - 1. nastavení příznaku EOC
2. nastavení kapacity = 95% kapacity plného nabití
3. vymazání registrů chyb
4. vymazání příznaku přetečení chyb
5. nastavení stavového příznaku plného nabití

Obr.7C

- 540 - je nabíjecí proud $> C/10$? a je dosaženo spouštěcí podmínky dle dU?
- 545 - stav nabití je $> 150\%$ a $C/5 < C_rate < C/50$?
- 550 - je nastaven příznak EOC?
- 700 - zjištění počtu článků
- 551 - nastavení příznaku EOC
- 555 - nastavení stavového příznaku plného nabití
- 575 - nastavení poplachu ukončení nabíjení

Obr.7D

- 705 - kalibrováno?
- 710 - je napětí $> 11V$?
- 715 - je napětí $> 7,5V$?
- 720 - nastavení počtu článků na 9
- 725 - nastavení počtu článků na 6
- 730 - nastavení počtu článků na 4

740 - nastavení závěrného napětí při EOD na hodnotu poču článků x 1,02V
bez čísla - konec

Obr.8A

- 605 - je napětí > napětí EDV plus hystereze?
- 610 - nastavení příznaku
- 612 - vymazání příznaku
- 613 - vymazání nabíjecích poplachů
- 615 - je kapacita < vypočtená chyba?
- 618 - nastavení stavového příznaku plného vybití
- 619 - je SOC < hodnota hystereze (80% SOC)?
- 620 - vymazání stavového příznaku plného nabití
- 625 - je vymazán příznak načítání cyklů a kapacita < 15% nominální kapacity?
- 630 - 1. zvýšení počtu cyklů
2. nastavení příznaku načítání cyklů

Obr.8B

- 640 - je nastaven příznak EOD a uvolněna znovunastavení (příznak=0)?
- 645 - je nastaven příznak EOD a hodnoty chyby < 8% kapacity plného nabití
- 650 - znovunastavení kapacity plného nabití
 - 1. výpočet současné hodnoty kapacity = poslední kapacita plného nabití + zbytková kapacita
 - 2. vymazání příznaku EOC
- 655 - je proud při EDV = 0 nebo $C_rate < EDVC_rate$ a uvolněno znovunastavení kapacity?
- 660 - nastavení proudu při EOD = C_rate ; nastavení zpožděného znovunastavení kapacity na hodnotu rovnou současné zbytkové kapacitě; nastavení příznaků pro zpoždění znovunastavení kapacity po EOD

Obr.9

- 750 - dekódování povelového kódu, nastavení proměnné „počet“
(count)=2
- 752 - podporovaný povel?
- 755 - nastavení bitu nepodporovaného povelu
- 758, 758a - ukončení přenosu
- 759 - nalezena chyba?
- 761 - uplynutí časového intervalu nebo chyba?
- 763 - nastavení neznámé chyby
- 764 - čtecí povel?
- 765 - je požadován výpočet?
- 768 - provedení výpočtu
- 771 - je heslo v pořádku?
- 774 - odepření přístupu
- 775 - provedení rutiny zápisového bloku
- 800 - provedení rutiny čtecího bloku
bez čísla - konec zpracování požadavku

Obr.10

- 776 - je „počet“ (count) \neq 2 byty?
- 778 - W_i = celkový počet bytů
- 780 - je W = „počet“?
- 781 - je RDVAL = 1?
- 782 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?
- 783 - [Adr]: I2C-Data, snížení hodnoty „počet“, Adr=Adr + 1
- 785 - je „počet“ = 0?
- 786 - je Stop = 1?
- 787 - je Stop = 1?
- 788 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?
- 789 - je RDVAL = 1?
- 790 - nastavení BADSIZE
- 792 - nastavení neznámé chyby

795 - ukončení přenosu
bez čísla - konec zápisového bloku

Obr.11

802 - je „počet“ (count) \neq 2 byty?
805 - datový byte je poslán na sběrnici I²C
808 - je přijat bit Ack?
812 - data z I²C = [Adr], snížení proměnné „počet“, zvýšení [Adr]
815 - je „počet“ = 0?
818 - je nastaven příznak posledního byte?
821 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?
822 - byl přijat závěrný bit?
824 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?
825 - nastavení neznámé chyby a ukončení přenosu
bez čísla - konec čtecího bloku

Obr.12A

901 - je Itf- Itf_err < AL_Rem_CAP > 0?
904 - nastavení REM_CAP_ALARM
906 - vymazání REM_CAP_ALARM
908 - výpočet C_rate na základě průměrného proudu, získání
zbytkové kapacity (C_rate)
910 - kapacita se snižuje?
913 - je AL_REM_TIME > 0?
915 - výpočet průměrného času do úplného vybití
917 - je čas < AL_REM_TIME?
919 - nastavení REM_TIME_ALARM
921 - vymazání REM_TIME_ALARM

Obr.12B

925 - je nastaven nějaký poplachový bit?
926 - vymazání příznaku vysílání poplachu
927 - je příznak vysílání poplachu vymazán?

- 930 - nastavení příznaku vysílání poplachu
 nastavení časovače vysílání poplachu na nulu
 nastavení příznaku vysílání poplachu hostitelskému zařízení
- 931 - snížení časovače vysílání poplachu
- 933 - je časovač vysílání poplachu roven nule?
- 935 - Siadr:= hostitelské zařízení
 Comcode:= baterie
 Data Adr:= AL_STATUS_L
- 937 - je vymazán příznak poplachu hostitelskému zařízení?
- 940 - Siadr:= nabíječ
- 943 - vysílání poplachu do nabíječe?
- 945 - vyslání zprávy
- 947 - znovunastavení časovače vysílání na hodnotu N_ALARM,
 přepnutí poplachu na hostitelské zařízení
- bez čísla - konec řízení poplachu

Obr.13

- 850 - je baterie v systému?
- 853 - vymazání bitů Capacity_mode a Charger_mode
- 855 - právě vložena baterie?
- 857 - časovač zprávy nastaven na 1, offline =0, vymazání bitů
 Capacity_mode a Charger_mode
- 859 - je bit Charger_mode vymazán?
- 861 - snížení časovače zpráv
- 863 - uplynul čas časovače zpráv?
- 865 - znovunastavení časovače zpráv, výpočet nabíjecího proudu
- 866 - je nabíjecí proud = 0?
- 867 - kapacita se zvyšuje?
- 868 - Siadr:= CHARGER
 Comcode:= CHAR_CURR
 DataAdr:= Charging_current_L
- 870 - vyslání zprávy
- 872 - nastavení proměnné nabíjení s konstantním proudem

874 - vyslání zprávy
bez čísla - konec řízení nabíječe

obr. 14A

950 - je sběrnice volná?
952 - nastavení adresy podřízeného zařízení
953 - nastavení baterie jako hlavní řídicí jednotky
954 - vymazání příznaku konce přenosu
955 - byla přijata data?
957 - přenos adresy baterie (povelového kódu)
958 - je sběrnice obsazená?
959 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?

obr. 14B

960 - byla přijata data?
962 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?
965 - přenos prvního byte dat
966 - byla přijata data?
967 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?
968 - přenos druhého byte dat
969 - byla přijata data?
971 - nastala chyba nebo uplynutí časového intervalu?
973 - ukončení přenosu
bez čísla - konec vysílání zprávy

obr. 15

975 - je nastaven hardwarový spouštěč?
977 - bude se LED displej vztahovat k full_cap?
978 - výpočet relativního stavu nabití vzhledem k full_cap
979 - výpočet relativního stavu nabití vzhledem k nom_cap
980 - nastavení čítače na hodnotu relativního stavu nabití,
inicializace LED
981 - je čítač $\geq 75\%$?

- 983 - čítač = čítač + 25%
- 985 - zapnutí LED
- 987 - je relativní kapacita < 10%?
- 989 - je nastaven bit blikání LED?
- 990 - vymazání bitu blikání
- 991 - nastavení bitu blikání, inicializace blikání displeje
- 992 - vymazání displeje LED, znovunastavení časovače displeje
- 994 - snížení hodnoty časovače LED displeje
- 995 - uplynul čas časovače LED displeje?
- 996 - vymazání bitu hardwarového spouštěče, znovunastavení časovače displeje

obr. 16

- 62 - reference s energetickou mezerou
- 64 - napěťový dělič a vyrovnávací paměti
- 66 - delta sigma převodník
- 68 - řídicí logika

obr. 17A

- Normal mode - normální mód
- Sample mode - vzorkovací mód
- No measurements update - žádná aktualizace měření

obr. 17B

- Capac-calc - výpočet kapacity
- Alarm control - řízení poplachů
- Charger control - řízení nabíječe
- LED control - řízení LED
- Bus requests - žádosti ze sběrnice
- μ P sleeping - klidový stav mikroprocesoru
- Bus request disabled - zablokování žádosti ze sběrnice

obr. 19A

Current - proud

Temperature - teplota

Residual capacity - zbytková kapacita

obr. 19B

State of charge - stav nabití

Temperature - teplota

Self Discharge - samovybíjení

obr. 19C

Temperature - teplota

Rate of charge - intenzita nabíjení

Charge efficiency - účinnost nabíjení