

# O grupách a svazech

---

## 2.7 Princip aplikace booleovských funkcí na algebře (0,1) v elektrotechnice

In: Ladislav Rieger (author): O grupách a svazech. (Czech). Praha: Přírodovědecké vydavatelství, 1952. pp. 173–186.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/403377>

### Terms of use:

© Přírodovědecké vydavatelství

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

= 0 jakmile je  $x$  sudé.) Pak můžeme psát v algebře  $(0, 1)$  ( $a$  i  $b$  může být jen 0 nebo 1)

$$\begin{aligned} a \cup b &= \langle a + b + ab \rangle, \\ a \cap b &= ab, \\ a' &= \langle a + 1 \rangle. \end{aligned}$$

### Cvičení k 2,6.

1. Vyjádřete v úplné normální spojové formě nejjednodušší booleovské funkce o  $m$  nezávisle proměnných (na algebře  $(n, j)$ )

$$f_j(x_1, \dots, x_m) = x_j$$

$$g_j(x_1, \dots, x_m) = x_j'$$

$$h_{i,j}(x_1, \dots, x_m) = x_i \cup x_j$$

$$k_{i,j}(x_1, \dots, x_m) = x_i \cap x_j \text{ (volte na př. } m = 5).$$

2. Totéž, co v 1— pro úplnou průnikovou normální formu (duálně)

3. Tabelujte dle vzorců tab. 2 a 3 tyto booleovské funkce o třech nezávisle proměnných

$$\text{a) } f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \cap x_2') \cup (x_3' \cap x_1).$$

$$\text{b) } g(x_1, x_2, x_3, x_4) = (x_1 \cap x_2) \cup x_3 \cup x_4.$$

Najděte (dle způsobu, udaného v textu) jejich úplné spojové normální formy a přejděte k úplným průsekovým normálním formám dualisací.

4.\*Odůvodněte podrobně (pomocí věty o úplné spojové normální formě) v textu udaný způsob, jak z tabelace booleovské funkce vyčíst její úplnou spojovou normální formu.

## 2.7. PRINCIP APLIKACE THEORIE BOOLEOVÝCH ALGEBER V ELEKTROTECHNICE.

Hlavní aplikace theorie Booleových algeber v elektrotechnice se týkají t. zv. reléové-kontaktních systémů. Příkladem takového jednoduchého systému je t. zv. Wagnerovo kladívko, jež pohání elektrický zvonek. Příkladem složitějšího takového systému je telefonní centrála nebo elektromagnetický matematický stroj.

Princip činnosti a účel reléové-kontaktního systému možno popsat takto: Na kteroukoli určitou kombinaci zapojení a vypojení pevného počtu  $m$  t. zv. *vstupních* (dvoupolo-

hových) klíčů (ať již jsou ovládány mechanicky nebo ručně), což představuje zvenčí přicházející popud, reaguje relátkově-kontaktní systém tím, že v jistých t. zv. *výstupních* větvích, čili stručně *ve výstupech*, jednak zapojuje a jednak vypíná proud.

Při tom je třeba rozeznávat t. zv. *jednotaktní* a *mnohotaktní* systémy. Jednotaktní systém na určitou kombinaci zapojení a vypojení vstupních klíčů odpovídá jedinou (vždy stejnou) kombinací propouštění a nepropouštění proudu současně v jednotlivých výstupech. Příkladem je třeba elektromagnetický zámek „na heslo“, který na určitou jednu, po případě několik málo kombinací stisků většího počtu vstupních tlačítek („hesel“) elektromagneticky otevírá zámek, na každou jinou vyvolává poplach.

Naproti tomu mnohotaktní reléově-kontaktní zařízení je takové, kde určitá kombinace zapojení vstupních klíčů může vyvolat celý časový sled střídajících se kombinací propouštění a přerušování proudu ve výstupech. Nejjednodušším příkladem je tu již uvedené Wagnerovo kladívko, kde sled taktů práce zařízení spočívá v theoreticky neomezeném zapojování a přerušování proudu v jediném výstupu, na popud stisku jediného vstupního klíče.

Práce reléově-kontaktního systému je prováděna zpravidla soustavou elektromagnetických kontaktních relé (t. zn. elektromagnetů s kotvou, která je odtahována vzpružinou a která ovládá jeden nebo více kontaktů, t. j. přitažením kotvy buďto zapojuje, nebo naopak rozpojuje elektromagneticky řízený kontakt). Tak právě zapojená větev systému, která je pod proudem, zapojuje (vypojuje) jinou větev systému, až posléze postupně dojde k zapojení nebo vypojení proudu ve výstupech celého systému.

Úlohu elektromagnetických kontaktních relé jakožto elektricky řízených zapojovačů a vypojoavačů proudu mohou však také v daném případě vykonávat mnohem rychleji vhodné elektronky, což se děje zejména v matematických elektrických strojích. Aplikace Booleovy algebry se právě tak týká i systémů, pracujících s elektrickými

na místě elektromagnetů. Nicméně se přidržíme elektromagnetických reléové-kontaktních systémů.) Při vícetaktních zařízeních určité nastavení vstupních klíčů vyvolá jistou kombinaci spojení a rozpojení proudu ve výstupech — v prvním taktu práce. (U jednotaktního systému by tím byla práce systému ukončena.) V zápětí nato některé nebo všechny výstupní větve spustí jistá elektromagnetická kontaktní relé uvnitř systému, která zapojí či rozpojí některé jeho větve. Tím se celé zařízení změní a připraví k druhému taktu práce. V druhém taktu se pak objeví ovšem ve výstupech obecně jiná kombinace rozpojení a zapojení proudu; ta opět (obecně) elektromagneticky změní zapojení uvnitř zařízení — a to se může opakovat konečně mnoho, nebo i (theoreticky) nekonečně mnohokrát.

Dále se omezíme jen na nejjednodušší případ, t. j. na *jednotaktní reléově-kontaktní zařízení s jedním výstupem*, říkejme krátce *jj-zařízení (jj-systémy)*. Ty tvoří základní „články“ reléově-kontaktních elektromagnetických zařízení a základní prostředky z theorie Booleovy algebry k aplikaci na tento nejjednodušší případ máme dány předchozím výkladem.

Činnost, resp. úlohu, *jj-zařízení* můžeme matematicky popsat takto: Fakt, že byl zapojen (vypojen) *i-tý* z *m* vstupních klíčů vyjádříme tím, že *i-tá* proměnná  $x_i$  nabyla hodnoty 1 (0). Výsledku činnosti *jj-zařízení*, t. j. zapojení anebo vypojení proudu ve výstupu, dáme opět výraz hodnotou buďto 1 anebo 0, které takto nabývá jistá závisle proměnná, řekněme  $X$ .

Tak se nám jeví každé *jj-zařízení* jako způsob, jakým je libovolné *m-tici*, složené z čísel 0, 1, přiřazeno jednoznačně opět číslo 0 nebo 1. Činnost *jj-zařízení* (co do účinku) můžeme pak prostě vystihnout tabulkou o  $2^m$  řádcích a  $m + 1$  sloupcích, kde v každém řádku je nejprve zanesena *m-tice* sestavená z 0 a 1 (kombinace zapojení a vypojení vstupních klíčů) a na konci (v posledním sloupci) je opět číslo 0 nebo 1 (výsledné zapojení nebo rozpojení výstupu).

V předchozím paragrafu jsme se však dověděli, že každý takový způsob, přiřazující libovolné *m-tici* z čísel 0, 1 přesně jedno z čísel 0, 1, lze vyjádřit booleovským početním předpisem, že takové přiřazení je booleovská funkce na algebře

0, 1. Lze tedy každé uskutečněné *jj*-zařízení považovat za elektrotechnickou realizaci booleovské funkce o  $m$  nezávisle proměnných (a jedné závisle proměnné hodnotě funkce). Tabulka takové funkce je právě tabulkou práce odpovídajícího *jj*-zařízení.

Z předchozího paragrafu je nám známo, že jedna a táž booleovská funkce (závislost udaná toutéž tabulkou) může být dána různými ekvivalentními početními předpisy (výrazy).

Nazýváme proto důsledně *jj*-zařizem elektromagneticky realizovanou booleovskou funkci (závislost) proměnné  $X$  na nezávisle proměnných  $x_1, x_2, \dots, x_m$ . Naproti tomu termín *jj*-systém si ponechme pro způsob, jak takové zařízení uskutečnit, t. j. pro příslušné elektrické zapojení. To tedy znamená, že slovo zařízení nám značí pouze způsob, jak systém reaguje, nikoliv jeho elektrotechnickou výstavbu, kterou právě označujeme názvem *jj*-systém. Máme tedy vzájemně jednoznačné odpovídání si mezi *booleovskými funkcemi* o  $m$  nezávisle proměnných na algebře 0, 1 a mezi *jj*-zařizem o  $m$  vstupních klíčích a jediné výstupní větvi, které je dáno společnou tabulkou pro funkci a pro výsledek činnosti (úlohu) *jj*-zařízení. Naproti tomu mnohost početních výjádření téže booleovské funkce (na algebře 0, 1) různými početními předpisy odpovídá mnohosti elektrotechnických systémů (zapojení) pro jedno a totéž *jj*-zařízení.

Při tom jsme ovšem mlčky učinili zásadní předpoklad, že každé tabulkou žádané *jj*-zařízení lze opravdu elektrotechnicky realizovat (po případě jen theoreticky, v praxi ovšem nemůžeme na př. realizovat zařízení o  $10^{100}$  vstupních klíčích, t. j. booleovskou funkci  $10^{100}$  nezávisle proměnných). — Odůvodnění tohoto předpokladu si podáme za chvíli.

Zatím však můžeme již blíže a přesněji říci, v čem spočívá princip aplikace theorie Booleových algeber na theorii *jj*-zařízení.

Jak známo, booleovské funkce na algebře 0, 1 samy tvoří

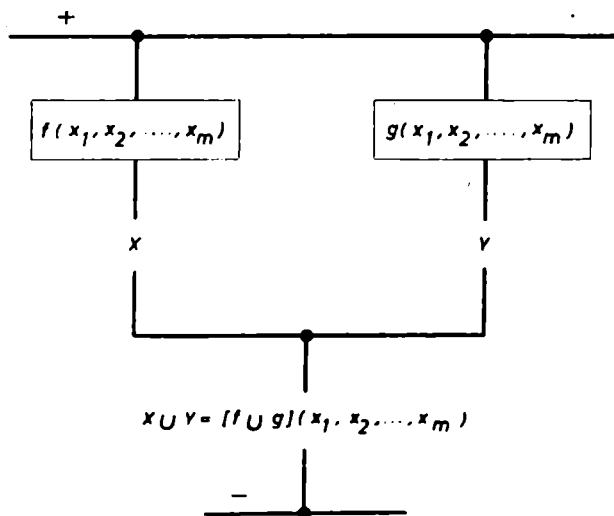
jistou Booleovu algebru (jde-li o funkce o  $m$  nezávisle proměnných, má tato algebra, jak víme  $2^{2^m}$ , prvků). Co rozumíme v této algebře spojením  $[f \cup g](x_1, \dots, x_m)$  a co rozumíme průsekem  $[f \cap g](x_1, \dots, x_m)$  dvou booleovských funkcí  $f(x_1, \dots, x_m)$  a  $g(x_1, \dots, x_m)$  o  $m$  nezávisle proměnných  $x_1, \dots, x_m$ ? Jsou to funkce, které pro danou  $m$ -tici hodnot nezávisle proměnných  $x_1, \dots, x_m$  nabývají hodnoty, dané spojením, resp. průnikem obou hodnot daných funkcí, t. j. jsou to tedy funkce z nichž první nabývá hodnoty 1 tehdy a jen tehdy, když alespoň jedna ze (spojovaných) funkcí  $f$  a  $g$  nabývá hodnoty 1; druhá je funkcí, která nabývá hodnoty 1 tehdy a jen tehdy, když obě (z protínaných) funkcí  $f$  a  $g$  nabývají hodnoty 1; konečně doplněk  $f'(x_1, \dots, x_m)$  (booleovské funkce  $m$  nezávisle proměnných) je funkce, která nabývá hodnoty 0 resp. 1 tam, kde funkce  $f(x_1, \dots, x_m)$  nabývá hodnoty 1, resp. 0.

Považujeme-li tedy samotná uskutečnění  $jj$ -zařízení za elektrotechnicky realizované booleovské funkce, můžeme říci, že svazovým spojením dvou již realizovaných  $jj$ -zařízení je takové  $jj$ -zařízení, které ve svém výstupu vede proud přesně při takovém nastavení vstupních klíčů (společných pro obě daná  $jj$ -zařízení), při němž projde proud výstupem aspoň jednoho z daných zařízení. Podobně za svazový průsek dvou již realizovaných  $jj$ -zařízení nutno považovat takové  $jj$ -zařízení, jež svým výstupem propouští proud tehdy a jen tehdy, jsou-li pod proudem oba výstupy daných  $jj$ -zařízení. Konečně za svazový doplněk již realizovaného  $jj$ -zařízení je třeba považovat takové  $jj$ -zařízení, jež propouští proud svým výstupem tehdy a jen tehdy, když v daném zařízení je výstup rozpojen, a rozpojí ve svém výstupu proud přesně tehdy, když výstup daného zařízení je pod proudem.

Jde tedy o to, jak elektrotechnicky realizovat svazové spojení, svazový průsek a svazový doplněk již realizovaných  $jj$ -zařízení.

Zvláště prostá je realizace *svazového spojení a svazového průseku*. Dejme tomu, že máme  $jj$ -systém, realizující funkci

$f(x_1, \dots, x_m)$  a  $jj$ -systém, realisující funkci  $g(x_1, \dots, x_m)$ .  
 Nechme systém pro  $f(x_1, \dots, x_m)$  elektromagneticky řídit  
 kontakt, vložený do vodiče  $X$  (tak, že  $X$  je spojen tehdy a jen  
 tehdy, když vede výstup systému pro  $f(x_1, \dots, x_m)$ ). (Podobně  
 pro vodič  $Y$  a funkci  $g(x_1, \dots, x_m)$ ). Na to oba vodiče připojme  
*paralelně* (vedle sebe) k témuž zdroji proudu (obr. 22) — to



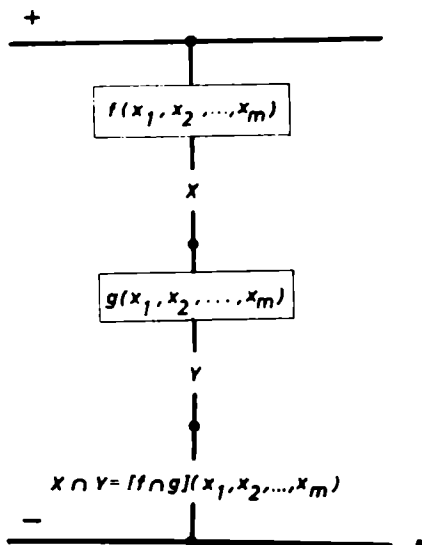
Obr. 22.

pro případ realizace *svazového spojení* — a *do serie* (za sebou)  
 — to pro případ realizace *svazového průseku* (viz obr. 23). Je  
 jasno, že výstupní větev, jíž je takto sestrojený  $jj$ -systém  
 ukončen, představuje podle toho zda je pod proudem nebo  
 bez proudu obě možné hodnoty  $Z$  závisle proměnné  $Z =$   
 $= [f \cup g](x_1, \dots, x_m)$  — to v případě spojení a  $Z = [f \cap g]$   
 $(x_1, \dots, x_m)$  — to v případě průniku.

Konečně *svazový doplněk* booleovské funkce  $f(x_1, \dots, x_m)$ ,

pro níž již máme realizující  $jj$ -systém, realizujeme elektrotechnicky takto:

Do výstupní větve  $X$  systému realizujícího  $f(x_1, \dots, x_m) = X$  vložíme cívku elektromagnetického relé, které v jistém vodiči (větví)  $Y$  přitažením kotvy vypíná pomocný



Obr. 23.

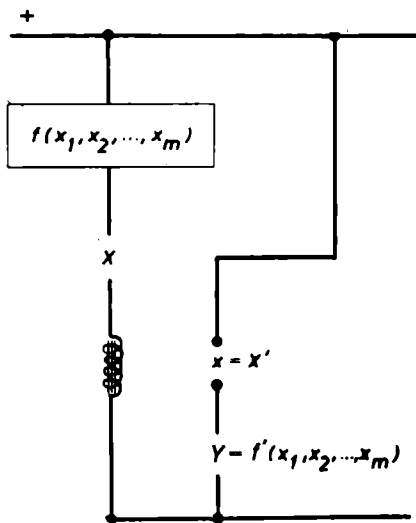
kontakt  $x$  a tím *rozpojuje* výstupní větev  $Y = X'$  právě a jen když větví  $X$  prochází proud, kdežto neprochází-li proud větví  $X$ , pak puštěná kotva na vzpružině zapojuje proud v  $Y$  (viz obr. 24).

(Není podstatné, že ve všech třech případech napájíme původní a nové výstupy ze stejného zdroje proudu. Dále je třeba si uvědomit, že uvedený způsob elektrotechnické realizace základních úkonů v Booleově algebře funkcí (o  $m$



nezávisle proměnných na algebře  $(0, 1)$  není jediný možný. Tak na př. na obr. 25 je naznačen prostý způsob, jak realizovat funkci  $f(x_1, x_2) = (x_1 \cap x_2') \cup (x_1' \cap x_2)$  bez elektromagnetických relé, pouhou mechanickou vazbou kontaktů.)

Vraťme se nyní krátce k předpokladu, jehož zaručení dlužíme, že totiž (a jak) každá booleovská funkce, t. j. každé

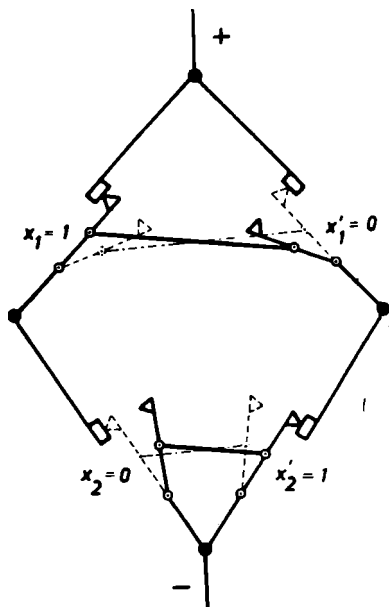


Obr. 24.

předepsané  $jj$ -zařízení, se opravdu dá realizovat. (Tím teprve bude ukázána alespoň jedna základní theoretická aplikace našich poznatků z teorie Booleových algeber.)

V minulém paragrafu jsme se naučili, jak z tabulky pro booleovskou funkci vyčíst pomocí úplné normální spojové formy početní vyjádření takové funkce (které není vždy nej-jednodušší). Jak víme, v této formě se každá (sebesložitější)

booleovská funkce (s výjimkou té, jež nabývá stále hodnoty nula) jeví jako spojení několika funkcí, z nichž každá je nenulovým průnikem všech  $m$  nezávisle proměnných, resp. jejich doplňků (tyto průniky představují atomy Booleovy algebry funkcí  $m$  nezávisle proměnných na algebře  $(0, 1)$ ).



Obr. 25.

Protože už víme, jak elektrotechnicky realizovat spojování, protínání a doplněk těchto booleovských funkcí, je beze všeho patrné, že způsob jak z tabulky booleovské funkce vyčíst její úplnou spojovou normální formu elektrotechnicky čten znamená vlastně přímo návrh na  $jj$ -systém, realizující  $jj$ -zařízení, jehož práce je předepsána zmíněnou tabulkou.

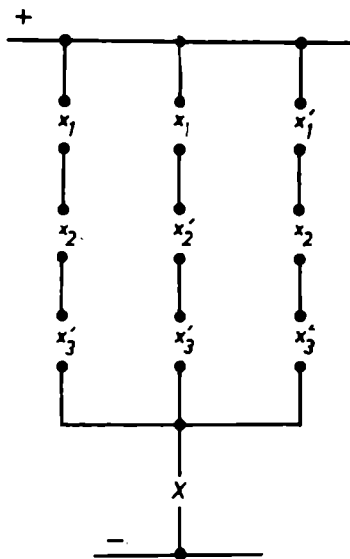
(Každé nezávisle proměnné  $x_i$  v normální spojové formě přiřadíme jeden vstupní dvojpolohový klíč. Každému výskytu proměnné  $x_i$  v každé normální spojové formě přiřadíme jeden kontakt. Klíč pro  $x_i$  ( $i$ -tý vstupní klíč) současně ovládá všechny t. zv. vstupní kontakty, odpovídající místům výskytu proměnné  $x_i$ ; každý klíč ovládá tedy tolik vstupních kontaktů, kolik je činitelů spojení ve spojové normální formě.

Klíč pro  $x_i$  má dvě polohy: pro  $x_i = 1$  a pro  $x_i = 0$ . V poloze pro  $x_i = 1$  zapojuje všechny kontakty pro všechny výskyty  $x_i$  a rozpojuje všechny kontakty pro všechny výskyty  $x'_i$ . Každému činiteli spojové normální formy pak odpovídá  $m$  v serii zapojených kontaktů, příslušných k  $x_i$  resp.  $x'_i$ , které vystupují v jednom činiteli ( $i, j = 1, 2, \dots, m$ ). Celé normální spojové formě pak odpovídá paralelní spojení všech těchto seriových spojení. Konečně napojením ze společného zdroje jsme získali t. zv. seriově-paralelní  $jj$ -systém pro tabulkou předepsané  $jj$ -zařízení, který přesně odpovídá svou výstavbou úplné spojové normální formě odpovídající funkce (jestliže jsme ještě vložili za vypsané paralelně seriově zapojení kontaktů výstupní větve, odpovídající hodnotě závisle proměnné v dané funkci). (Viz obr. 26a, ukazující schéma systému pro realizaci funkce z tabulky 3. v její úplné spojové normální formě.)

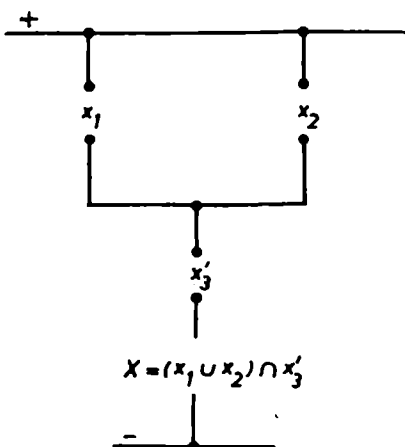
Vidíme tedy, že zásadně dovedeme pro žádané  $jj$ -zařízení vždy udat  $jj$ -systém, který jej realizuje a přesně odpovídá úplné spojové normální formě. Takový systém ovšem zdaleka nebývá vždy jednoduchý a praktický. Tak na př. na obr. 26b je schéma pro jednodušší výraz funkce z obr. 26a. Vyvstává tedy prakticky nejdůležitější úloha tento systém přetvořit a zjednodušit *v systém s ním ekvivalentní*, t. j. *realisující totéž  $jj$ -zařízení*, tutéž booleovskou funkci, ale způsobem co nejjednodušším, po případě technicky vymezeným.

Toho se dosáhne takto: Technicky důležitým praktickým způsobům zapojení čili  $jj$ -systémům necháme vzájemně jed-

noznačně odpovídat vhodné početní výrazy (jiné, než spojové normální formy). Pak vlastní práce při praktické aplikaci Booleovské algebry spočívá v hledání vhodné formy pro danou booleovskou funkci, v přetváření již daného výrazu pro funkci ve výraz hledaného tvaru. Zatím co dosud jsme se seznámili jen se *seriově paralelními systémy*, jsou v praxi důle-



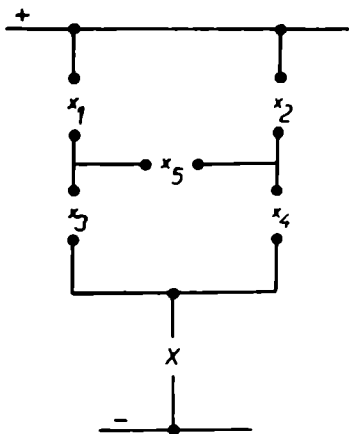
Obr. 26a.



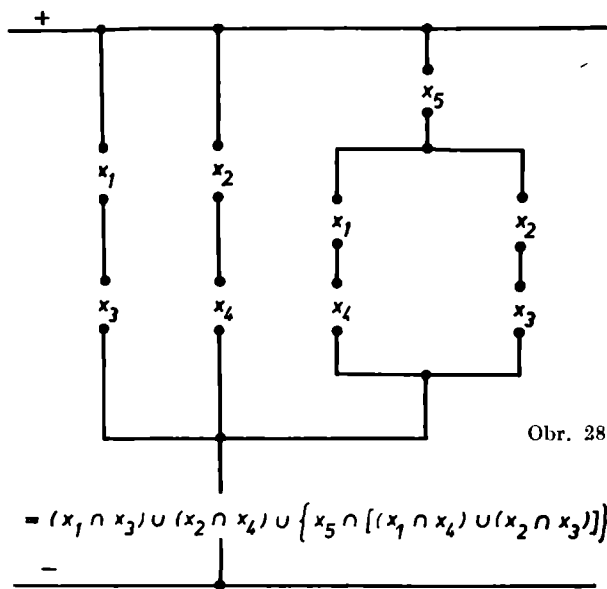
Obr. 26b.

žitá i jiná, t. zv. *můstková* zapojení, která přímo realizují některé složitější booleovské funkce, resp. jejich výrazy. Příklad máme na obr. 27, kdežto na obr. 28 je zřejmě neprakticky složité k můstku ekvivalentní seriově paralelní zapojení.

Tolik tedy k tomu, aby si čtenář učinil představu, jak se alespoň v nejjednodušších případech užívá Booleovy algebry



Obr. 27.



Obr. 28.

$$= (x_1 \cap x_3) \cup (x_2 \cap x_4) \cup \{x_5 \cap [(x_1 \cap x_4) \cup (x_2 \cap x_3)]\}$$

k návrhu, rozboru a zjednodušování reléové kontaktních systémů. Třebaže Booleova algebra — jako vůbec každá aplikace matematiky v technice — nedává ani zde zázračný a mechanicky aplikovatelný recept pro všechny případy, přece značně usnadňuje sestrojování a zkoušení reléové kontaktních systémů, které se dříve hledalo pracnou více méně pokusnou cestou. V dalších otázkách musím ovšem odkázat čtenáře na citovanou *Gavrilovovu* knihu.

*Cvičení k 2,7.*

1. Udejte schema systému pro elektrickou realizaci booleovské funkce, dané tabulkou:

a)

$x_1$	$x_2$	$f(x_1, x_2)$
1	1	1
1	0	1
0	1	0
0	0	1

b)

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$f(x_1, x_2, x_3)$
1	1	1	1
1	1	0	0
1	0	1	1
1	0	0	0
0	1	1	1
0	1	0	0
0	0	1	1
0	0	0	0

2. Udejte seriově paralelní schema pro některé z t zv. selektivních *jj*-zařízení; to jsou taková, že propouštějí proud právě a jen když je zapojen pevný počet  $r$  libovolných klíčů (z celkového počtu  $m$  klíčů). Tak na př. tabulka selektivního zařízení pro  $r = 2$ ,  $m = 3$  je taková:

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$f(x_1, x_2, x_3)$
1	1	1	0
1	1	0	1
1	0	1	1
1	0	0	0
0	1	1	1
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	0

Zjednodušte schema co nejvíc upravou výrazu pro danou funkci.

3.\* Využijme toho, že konečné posloupnosti z čísel 0, 1 odpovídají vzájemně jednoznačně celým číslům, psaným ve dvojkové čili dyadické soustavě. Pak sečítání dvou čísel (ve dvojkové soustavě) je vlastně vystiženo tolika booleovskými funkcemi na algebře 0, 1, kolik dyadických míst má součet (t. j. nejvýše o jedno více než jich má větší z obou čísel). Dyadické místo součtu, t. j. 0 či 1, je totiž patrně hodnotou jisté booleovské funkce, jejímiž nezávisle proměnnými se jeví být jednotlivá čísla dvojkového rozvoje obou sčítanců v daném místě a napravo od něho.  $k$ -té místo součtu dvou čísel ve dvojkové soustavě (0 nebo 1) (od konce vzato) je tedy hodnotou booleovské funkce nejvýše  $2k$  nezávisle proměnných na algebře (0,1). Celý součet dvou obecných sčítanců až do jisté velikosti tedy dán konečnou posloupností určitých takových funkcí, jež mají společně některé nezávisle proměnné; dále jež hodnotami svých závisle proměnných udávají jednotlivá dyadická místa součtu; a konečně jichž je tolik, kolik může mít součet míst.

Tak je dána zásadní možnost elektricky realizovat sečítání ve dvojkové soustavě tím, že elektricky současně realizujeme všechny booleovské funkce pro všechna místa součtu, pro tak veliká čísla, jak to potřebujeme.

Úkolem čtenáře je pokusit se na podkladě těchto poznámek udat booleovské funkce a navrhnout schema pro elektrické sečítání dvou, řekněme nejvýše šestimístných čísel (ve dvojkové soustavě), čili čísel nejvýše rovných  $2^6 = 64$ . Nechť si čtenář uvědomí, že způsob takového elektrického počítání je tím *zásadně* odlišný od běžného postupného zjišťování míst součtu pomocí přenosu (ve dvojkové soustavě), že zařízení pro elektrické sečítání „umí“ udat součet *najednou na všech* (dvojkových) *místech*. Takový sečítací systém si může čtenář pro malý počet míst a dva sčítance prakticky sestrojít pomocí pouhých několika kapesních baterií, vhodně upravených obyčejných vypínačů a tolika žárovek (jakožto indikátorů proudu ve výstupu) kolik nejvýše je dvojkových míst součtu. — Žárovka svítí: příslušné místo součtu je 1; žárovka nesvítí: příslušné místo součtu je 0.) Podobně si může čtenář sestrojít (složitější) elektrické schema pro *násobení* dvou nevelkých, dvojkově rozvedených celých čísel. (V praxi elektrických počítačů a matematických strojů se ovšem užívá z technických důvodů jiných, při velkých číslech praktičtějších elektrických realizací sečítání a násobení releové-kontaktními systémy.)