

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Modernizace radarového modulu AAR

Bakalářská práce

Vedoucí práce : doc. PaedDr. Petr Adámek, Ph. D.

Autor : Lukáš Lakatoš

Anotace :

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem modernizace radarového modulu AAR umístěného v přehledovém radiolokátoru RL – 4 AS, který je součástí výzbroje armády ČR. Detailně popisuje radarový modul AAR, seznamuje s funkcí a konstrukcí daného radarového modulu. Všechny elektronické obvodové části určené k modernizaci byly pečlivě vybírány s ohledem na zajištění dobrých provozních parametrů a stability AAR modulu. Tato bakalářská práce dále obsahuje systémový návrh modernizace jednotlivých elektronických obvodových řešení.

Abstract :

This bachelor work is focused on a design of radar AAR module modernization. This module is situated in the surveillance radar RL – 4 AS, which is a part of a Czech Air Force arsenal. The bachelor works describes radar AAR module thoroughly and gives detailed information about its function and construction. All electronic parts intended for modernization were carefully selected in order to ensure good operating parameters and stability of the AAR module. This bachelor work furthermore contains a system design of modernization of individual electronic circuit solutions.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské - diplomové - rigorózní - disertační práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných ... fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum 20.5.2011

.....

Lukáš Lakatoš

Touto formou děkuji svému vedoucímu práce doc. PaedDr. Petru Adámkovi, PhD. za věcné připomínky, cenné rady a za velkou trpělivost při tvorbě mé práce. Děkuji panu Janu Zaňkovi za cenné technické rady při zpracování mé práce.

OBSAH

1	Úvod a cíle práce	6
2	Seznámení s modulem AAR.	7
2.1	Obvod regulace	11
2.3	Obvod blokování regulátorů	14
3	Vytipování vhodných částí (volba součástek) k modernizaci	15
4	Návrh modernizace obvodu (bloku) měření	16
4.1	Konstrukční provedení modulu AAR – Čelní panel.....	17
4.2	Obvod měření s LED indikací	18
4.3	Obvod měření ručkovým měřícím přístrojem	20
4.4	Seznam součástek obvodu měření ručkovým měřícím přístrojem	21
5	Návrh modernizace obvodu (bloku) regulace.....	21
5.1	Konstrukční provedení modulu AAR – Hlavní panel	23
5.2	Obvod regulace s LED indikací zapnutého výkonu	24
5.3	Celkové schéma návrhu modernizace.....	26
6	Závěr	30
7	Použitá literatura	31
8	Přílohy	33

1 Úvod a cíle práce

Radarový modul AAR je součástí přehledového radiolokátoru RL – 4 AS, který vyráběla československá firma TESLA Pardubice. Radiolokátor byl vyvíjen v 60. letech a do výzbroje armády se dostal v 70. letech. Deska AAR slouží ke kontrole vysílačů v RL – 4 AS. Vysílače využívají jako zdroj vysokofrekvenční energie dvou impulsních magnetronů, které jsou chlazené kapalinou. Modulátory vysílačů jsou linkového typu s tyatronem. Deska AAR umožňuje regulovat a měřit základní veličiny důležité pro činnost vysílačů ručkovým měřicím přístrojem. Velkou výhodou modulu je jeho rychlá a snadná výměna.

Z důvodu zastaralých součástek osazených na desce a vzhledem k celkové poruchovosti desky, vznikl návrh pro modernizaci daného radarového modulu.

Cíle bakalářské práce :

- Hlavním cílem je návrh modernizace modulu AAR

K tomu je třeba splnit tyto dílčí cíle :

- Důkladně popsat a pochopit funkci a konstrukci původní desky AAR
- Provést návrh modernizace elektronických obvodových řešení

V případě, že bude modernizační postup akceptován nadřizným stupněm, bude též následovat :

- Návrh desky plošných spojů
- Praktická realizace nové desky AAR
- Ověření funkce nové desky

2 Seznámení s modulem AAR

Radiolokátor RL – 4 AS byl původně určen pro kontrolu a řízení letového provozu v zájmovém prostoru stálého nebo polního letiště. V současnosti je využíván k průzkumu vzdušných cílů a k zabezpečení aktivních prostředků protivzdušné obrany ČR u 26. brigády velení, řízení a průzkumu ve Staré Boleslavi. Prvořadý úkol této brigády je zabezpečení nedotknutelnosti vzdušného prostoru ČR v rámci jednotného integrovaného systému protivzdušné obrany NATO v Evropě - NATINADS [1]. Dalším úkolem je zabezpečení řízení letového provozu a výcviku letectva pro potřeby AČR, plnění úkolů v Národním posilovém systému (zajištění ochrany a obrany důležitých objektů a jiné). Tento radiolokátor umožňuje zachycovat vzdušné cíle a identifikovat jejich souřadnice jako je azimut a šikmá dálka. Jeho velkou výhodou je sledování cílů i nad terénem se silnými ozvy od pozemních cílů, v nepříznivých povětrnostních podmínkách, případně při úmyslném rušení [2].

Přehledový radiolokátor RL – 4 AS je impulsní radiolokátor pracující v 10 cm vlnovém pásmu, obsahující dva funkčně shodné vysílače – vysílač A a B. Anténu tvoří dvojkřivé zrcadlo rozměrů 5 x 3,6 m, které je ozařováno dvěma primárními zářiči. Počet otáček za minutu činí 15 nebo 7,5. V praxi se používá 7,5 otáček za minutu. Rozsah naklápění antény je $\pm 3^\circ$. Vyzářovací charakteristika je tvořena dvěma anténními svazky. Dolní svazek je tvarován horní částí zrcadla a kryje úhly $0,5^\circ$ až 6° . Horní svazek je tvarován spodní částí zrcadla a kryje úhly 4° až 45° . Vysílače A a B pracují s diverzitním zpožděním $3 \mu\text{s}$ a každý pracuje do jednoho anténního svazku. Jak již bylo uvedeno v úvodu, zdrojem vf energie jsou dva impulsní magnetrony. Každý magnetron se doladuje na požadovaný kmitočet pomocí obvodu ADK – automatické doladování kmitočtu. Na maximální impulsní výkon 800 kW jsou magnetrony postupně buzeny ve 3 stupních :

- 1. stupeň asi 30 % max. výkonu
- 2. stupeň asi 60 % max. výkonu
- 3. stupeň 100 % max. výkonu

Pro provoz radiolokátoru se 1. stupeň nepoužívá, umožňuje pouze naběhnutí výkonu magnetronu [3].

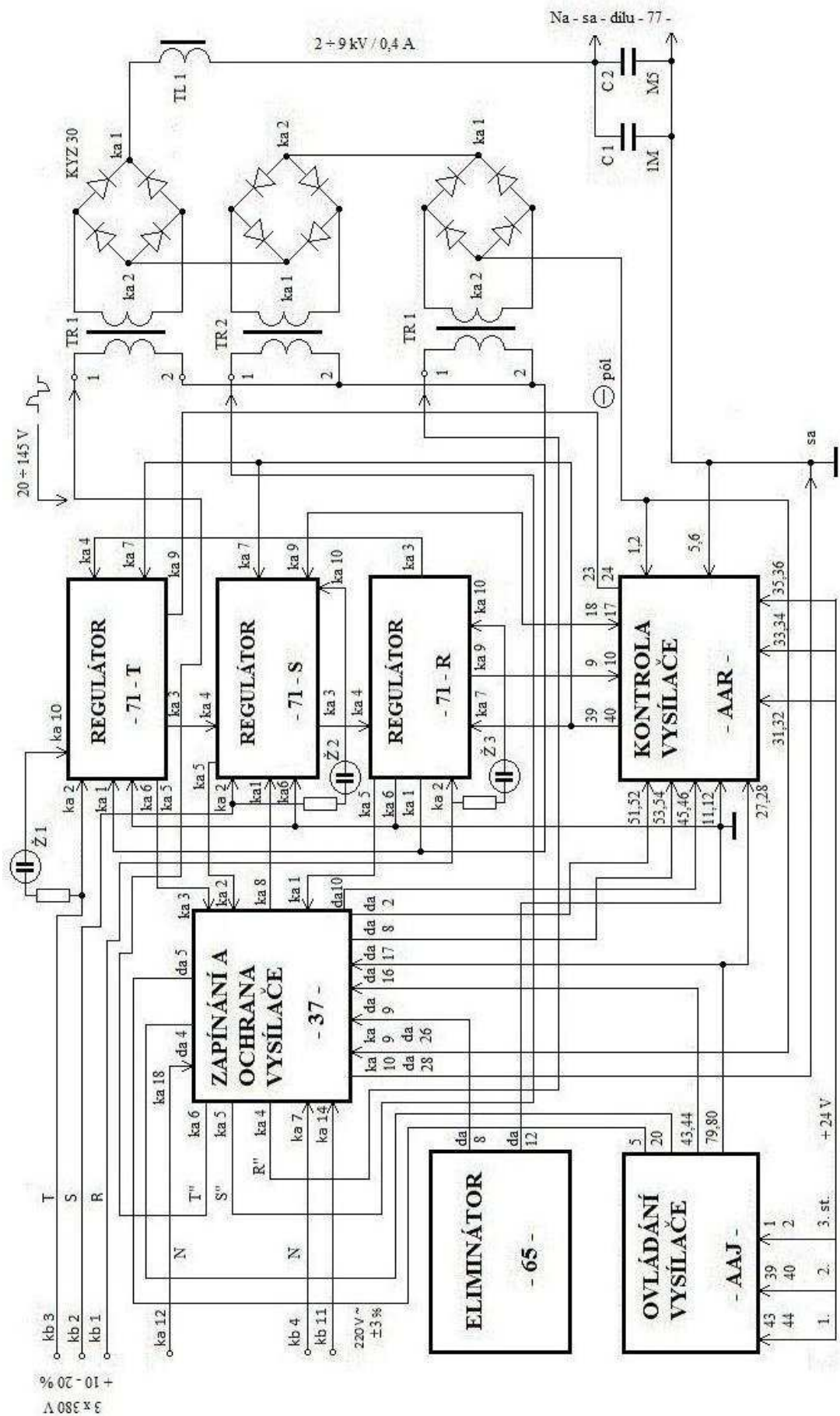
Jak bylo uvedeno v úvodu, deska slouží ke kontrole a regulaci vysílače. Všechny výměnné moduly v radiolokátoru jsou koncipovány na typizovaných deskách. Desky jsou řešeny na konektorových lištách a z tohoto důvodu je výměna modulů rychlá a snadná. Každá deska obsahuje 80-ti kontaktní (pinové) pole. Stejně je tomu i v případě desky AAR. Jak je popsáno výše, radiolokátor má dva shodné vysílače – A a B. Části vysílače souboru A jsou naprosto shodné s částmi vysílače souboru B. Z toho vyplývá, že moduly AAR jsou dva a to každý pro jeden vysílač. Jednotlivý význam kontaktů (pinů) na desce AAR je popsán v tabulce, viz tabulka 1.

Tabulka 1 Význam jednotlivých kontaktů (pinů) na desce AAR

Kontakt (pin) č.		Popis	Kontakt (pin) č.		Popis
39	40	Řídící napětí Reg. 2 ÷ 10 V	79	80	Výkon Magnetronu
37	38	Nevyužito	77	78	U _R Řídící Napětí Regulátorů
35	36	+24 V Provoz I. Stupeň	75	76	
33	34	+24 V Provoz II. Stupeň	73	74	I _{PIN} Proud PIN Diody + Proud PIN Diody –
31	32	+24 V Provoz III. Stupeň	71	72	
29	30	Nevyužito	69	70	U _{FM} Žhavení Magnetronu + 20 V Žhavení Magnetronu – 20 V
27	28	– 24 V Trvale	67	68	
25	26	Nevyužito	65	66	N _M + Výkon Magnetronu – Výkon Magnetronu
23	24	Blokování Regulátoru T	63	64	
21	22	Blokování Regulátoru T	61	62	I _M + Proud Magnetronu – Proud Magnetronu
19	20	Nevyužito	59	60	
17	18	Blokování Regulátoru S	57	58	I _D + Proud Diody – Proud Diody
15	16	Blokování Regulátoru S	55	56	
13	14	Nevyužito	53	54	I _{VN} + Proud Vn Zdroje – Proud Vn Zdroje
11	12	Blokování Regulátoru R	51	52	
9	10	Blokování Regulátoru R	49	50	Nevyužito
7	8	Nevyužito	47	48	Nevyužito
5	6	Ground	45	46	17 ÷ 20 V
3	4	Nevyužito	43	44	Ground
1	2	Přetížení VN	41	42	Kostrá Panelu

Z tabulky je patrné, že je k dispozici několik volných pozic, což můžeme nějakým vhodným způsobem využít při realizaci nové desky. Propojení modulu AAR s ostatními bloky v radiolokátoru nám znázorňuje obr. č. 1, na kterém je regulovaný vysokonapěťový zdroj. Střídavé třífázové nestabilizované napětí 3 x 380 V 50 Hz přichází ze svorek kb1, kb2, kb3, kb4 na svorky ka2 dílů 71 (R, S, T - regulátor napětí). Výstup z těchto regulátorů vyvedený ze svorky ka5 je veden na svorky ka1, ka2, ka3 dílů 37. Napětím + 24 V (povel PROVOZ I. stupeň), vedeném z kontaktu 43,44 a 79,80

modulu Ovládání vysílače AAJ, se ovládá relé RE 1 v dílu 37. Ze svorek ka4, ka5, ka6, ka8 přichází na svorky č.1 transformátorů TR1, TR2, TR3 s usměrňovači třífázové napětí až po sepnutí RE1 a stykače ST1 v dílu 37. Regulátory 71 vytvářejí ze střídavého sinusového napětí regulované nesinusové stabilizované napětí v rozmezí 20 až 145 V_{stř.} Velikost tohoto napětí určuje řídicí napětí přiváděné na svorky ka7, ka6 dílu 37 z kontaktu 39,40 a 11,12 modulu AAR. Řídicí napětí se získává ze stejnosměrného napětí 17 V přivedeného z eliminátoru 65 (svorky da8,da12) přes stykač ST1 v dílu 37 (svorky da9,da10) na kontakty 45,46 modulu AAR. Velikost řídicího napětí se nastavuje třemi potenciometry umístěné na čelním panelu modulu AAR podle hodnoty proudu magnetronu a podle toho, který je spuštěn stupeň výkonu (povel PROVOZ 1.,2. nebo 3.stupeň). Povel PROVOZ jednotlivých stupňů, zapínané na čelním panelu modulu AAJ, přicházejí z desky AAJ (kontakty 43,44; 39,40; 1,2) na desku AAR (kontakty 31,32; 33,34; 35,36; 27,28). Regulované a stabilizované nesinusové napětí postupuje ze svorek ka5 dílu 71 přes díl 37 (výstupní svorky ka4, ka5, ka6) na svorky č.1 vysokonapět'ových transformátorů TR1, TR2, TR3. Zde dochází k transformaci a usměrnění vysokého napětí můstkovými usměrňovači zapojenými do série. Takto získané stejnosměrné napětí je pak filtrováno článkem TL1, C1 a C2. Výstupní napětí max. 9 kV, 0,4 A se zvlněním menším než 1% postupuje ze svorky kondenzátoru C2 do výkonové části vysílače (svorka dílu 77). Záporný pól vysokého napětí je přiveden do dílu 37 na svorku ka9, která je napojena na obvody ochrany modulátoru, kde je umístěna releová ochrana RE1. Sepnutím kontaktů RE1 v dílu 37 (svorky da4, da5) přichází informace o přetížení vysokého napětí do desky AAJ (kontakty 5,20). Informace o proudu vysokonapět'ového zdroje je vyvedena z dílu 37 (svorky da2, da8) na kontakty desky AAR (51,52 a 53,54) a odtud na měřicí přístroj umístěný na čelním panelu modulu AAR. Jelikož je proces vypnutí vysokého napětí pomocí stykače ST1 v dílu 37 poměrně časově dlouhý (několik desítek ms), může dojít k nárazovému přetížení tyristorů v dílech 71, k jejich trvalému sepnutí a tím k přepálení rychlotavné pojistky 32A. Aby nedocházelo k těmto stavům, je zařízení ještě vybaveno rychlou ochranou, která přímo vypíná zapalující impulsy tyristorů. Záporný pól vysokonapět'ového zdroje je také přiveden na relé RE4 umístěné na desce AAR (kontakty 1,2). Pokud dojde k přetížení vysokonapět'ového zdroje delšího trvání (několik opakovacích period vysílače), sepne relé RE4 a svými kontakty zkratuje svorky ka9, ka6 dílu 71. Tím dojde k rychlému vypnutí vysokého napětí ještě dříve než stačí zareagovat stykač ST1 v obvodech ochrany modulátoru dílu 37 [3].



Obr. č. 1 Regulovaný vysokonapěťový zdroj, převzato a upraveno [3]

Obvod AAR můžeme rozdělit z hlediska funkce na :

- obvod regulace
- obvod měření
- obvod blokování regulátorů

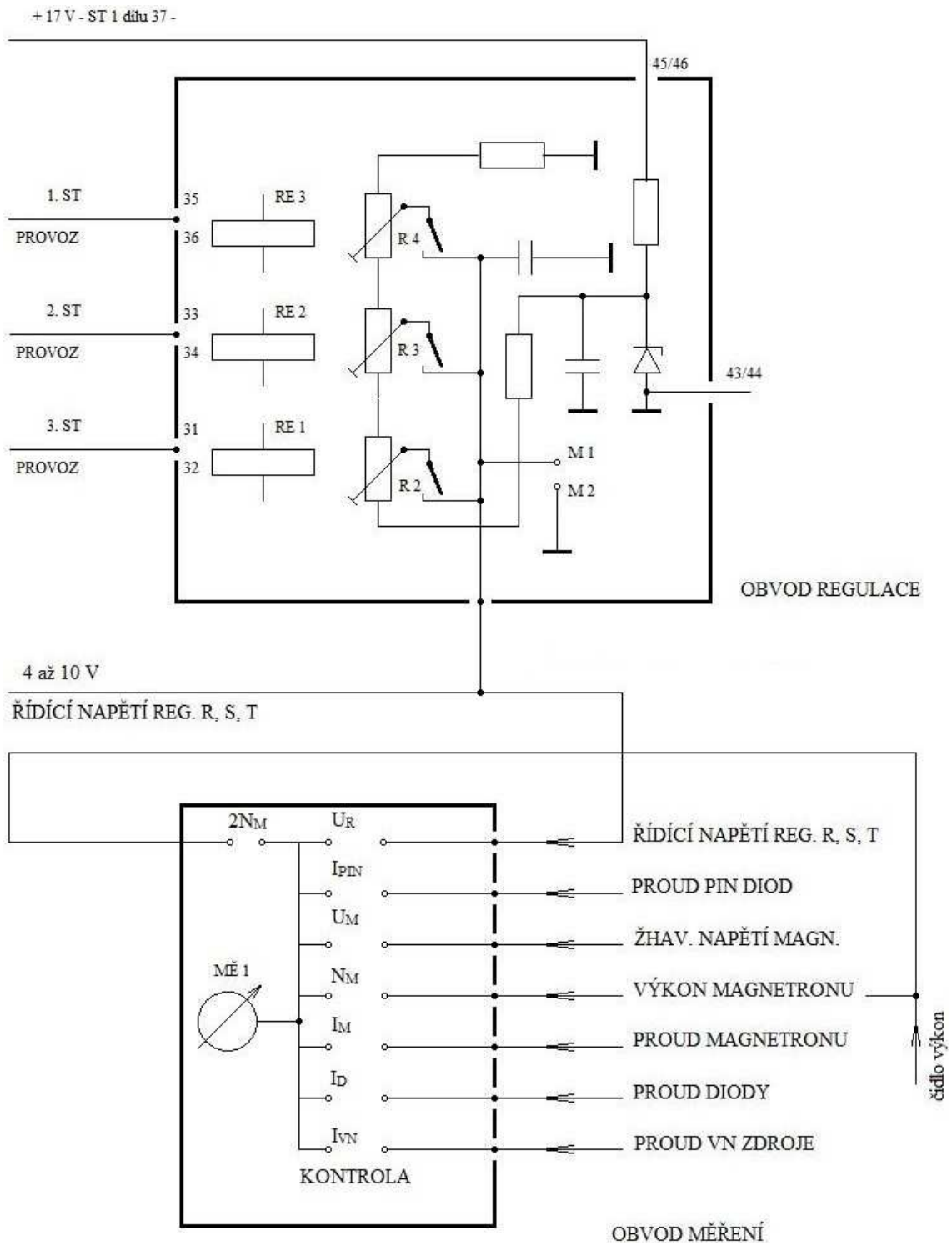
2.1 Obvod regulace

Na kontakty (piny) 35, 36 konektorové lišty přichází povel PROVOZ 1. stupeň, který sepne relé RE 3 a přes jeho kontakty se připojí vhodně nastavené stejnosměrné řídicí napětí k regulátorům. Povel PROVOZ 2. stupeň přichází na kontakty (piny) 33, 34 a povel PROVOZ 3. stupeň na kontakty (piny) 31, 32. Těmto povelům přísluší relé RE 2 a RE 3, přes jejichž kontakty se připojí vždy vyšší řídicí napětí a zároveň se odepne nižší stupeň. Na měrných bodech M 1 a M 2, umístěných na čelním panelu bloku AAR, můžeme změřit velikost řídicího napětí, které se pohybuje v rozsahu 4 až 10 V. Můžeme ho také změřit přímo na měřicím přístroji desky AAR a to přepnutím přepínače do polohy U_R . Rozsah měřicího přístroje činí 10 V. Vše je patrné z obr. č. 2, kde je znázorněn obvod regulace s obvodem měření [3]. Potenciometry určené k nastavování výkonu vysílače jsou zobrazeny na obr. č. 2. Proměnný odpor označený jako R4, slouží pro nastavení I. stupně výkonu vysílače. Potenciometrem R3 se nastavuje II. stupeň výkonu vysílače a posledním potenciometrem R2 III. stupeň výkonu vysílače, který je pro provoz radiolokátoru nejdůležitější. Provoz na II. stupeň výkonu vysílače je označován jako „provoz radiolokátoru s omezením“. Při nastavování výkonu vysílače přepneme přepínač označený jako kontrola do polohy I_M a podle zvoleného výkonového stupně se nastavuje proud magnetronu I_M na příslušném proměnném odporu. Při každé výměně magnetronu je nutné nastavovat proud magnetronu I_M na všech třech stupních výkonu vysílače. Střední hodnota proudu magnetronu pro PROVOZ II. stupeň a III. stupeň se určuje ze vztahu (1), který je uveden viz [4].

$$I_{Mx} = I_{Maty} \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

I_{Mx} - proud magnetronu pro x. stupeň výkonu vysílače [mA]

I_{Maty} - proudu uvedený v atestu magnetronu pro příslušný impulsní výkon [A]



Obr. č. 2 Obvod regulace s obvodem měření, převzato a upraveno dle [3]

2.2 Obvod měření [4]

Kromě veličiny U_R – řídicí napětí regulátorů, umožňuje deska měřit další důležité veličiny nezbytné pro činnost vysílače. Veškeré veličiny se měří a zobrazují elektromechanickým systémem, magnetoelektrickým ručkovým přístrojem, který je označen na obr. 1 jako MĚ 1, s třídou přesnosti 2,5. Rozsah měřicího ručkového přístroje je 100 a poloha stupnice při čtení je svislá. Výhodou tohoto měření je rychlost zjištění důležitých parametrů pro správný chod vysílače. Mezi další měřené veličiny patří výkon magnetronu označený na desce N_M nebo P_M . Záleží na stáří modulu. Dále je to proud magnetronu I_M , žhavicí napětí magnetronu U_{FM} , proud omezovací diodou I_D , proud PIN diodou I_{PIN} a proud VN zdroje I_{VN} . Všechny měřené veličiny a jejich příslušné hodnoty jsou přehledně znázorněny v tabulce 2 [4]. Jelikož měřená veličina I_M je nejdůležitější, je standardně při provozu radiolokátoru stále měřena a kontrolována na desce AAR (přepínač – kontrola je v poloze I_M).

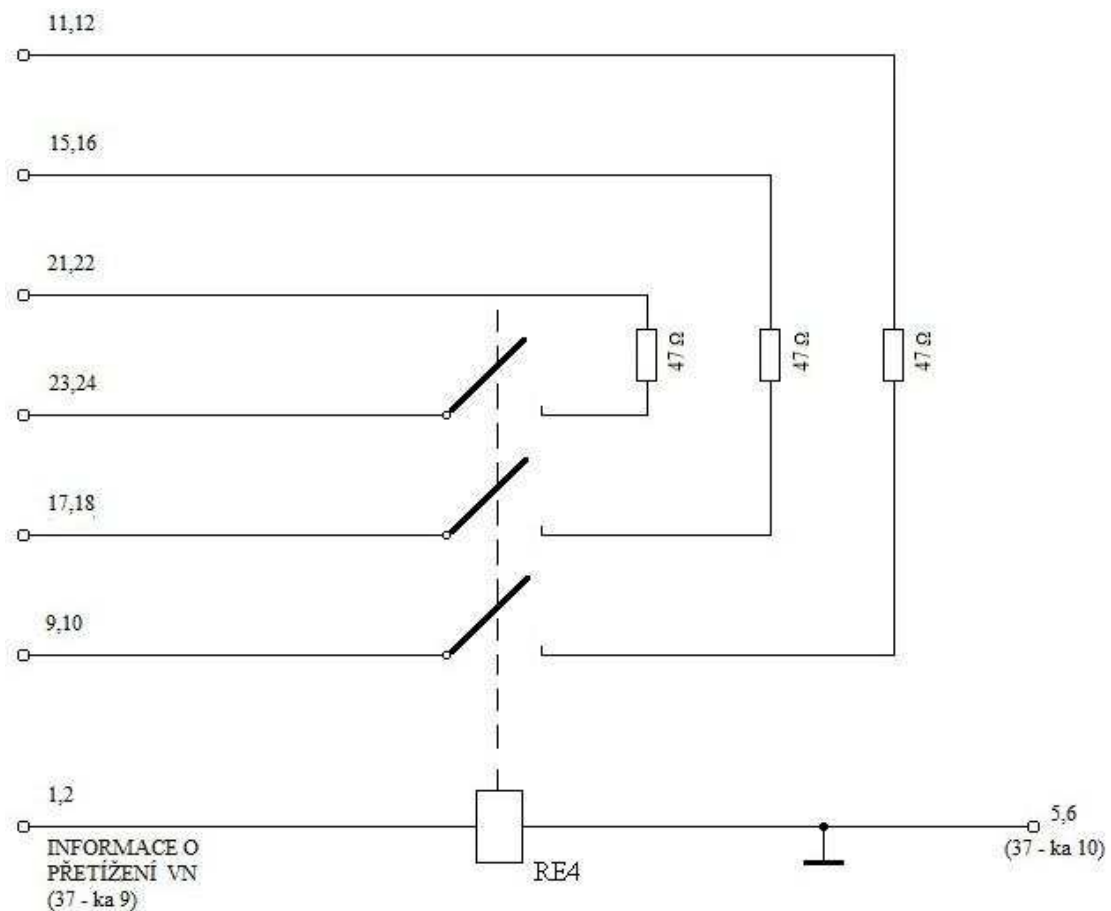
Tabulka 2 Přehled měřených veličin, převzato a upraveno z [4]

Přepínač - kontrola	Rozsah MĚ 1	Údaj bez provozu	Údaj při provozu	
			II. stupeň	III. stupeň
I_{VN}	800 mA	0	100 ÷ 280 mA	250 ÷ 380 mA
I_D	200 mA	0	20 ÷ 80 mA	10 ÷ 60 mA
I_M	200 mA	0	50 ÷ 80 mA	70 ÷ 110 mA
P_M	1000 W	0	600 ÷ 900 W	900 ÷ 1300 W
$2P_M$	2000 W	0	600 ÷ 900 W	900 ÷ 1300 W
U_{FM}	20 V	17 ÷ 22 V	0 ÷ 14 V	
I_{PIN}	100 dílků	4 ÷ 25 dílků	4 ÷ 25 dílků	4 ÷ 20 dílků
U_R	10 V	0	6 ÷ 8 V	7 ÷ 10 V

Údaje U_{FM} a I_M se nastavují dle atestu magnetronu v daném měřicím rozsahu.

2.3 Obvod blokování regulátorů

Princip blokování regulátorů byl částečně uveden předchozím textu na str. 9. Následující text a obr. č. 3 detailně poskytuje kompletní náhled na princip blokování regulátorů, který je zřejmý též z obr.č.1 a tabulky 2. Na obr.č.3 je znázorněn obvod blokování regulátoru na desce AAR. Při signalizované poruše vysílače vyvolané přetížením VN spíná na desce relé RE4. Jeho kontakty zkratují spouštěcí impuls pro tyristory v regulátorech, což má za následek pokles vysokého napětí [3]. Význam jednotlivých kontaktů poskytuje tabulka 1.



Obr. č. 3. Obvod blokování regulátorů v AAR

3 Vytipování vhodných částí (volba součástek) k modernizaci

Deska obsahuje zastaralé součástky, které se už nevyrábí a jsou velmi poruchové. Jedná se hlavně o relé typu LUN 2621.5/513 (celkem 2 kusy na desce) a relé typu LUN 2621.4/503 (celkem 2 kusy na desce), které jsou výrobkem firmy Mesit Uherské Hradiště, kde v roce 1999 skončila jejich výroba. Při dlouhodobějším používání desky přestal správně pracovat přepínač - kontrola. Tento mechanický přepínač (typ wk 533 37) je otočný, má 12 poloh a čtyři póly. Postupně však docházejí zásoby ve vojenských skladech, nákup tohoto přepínače je problematický a také výměna tohoto přepínače je časově náročná, proto bude i tato součástka předmětem modernizace. Deska dále obsahuje zastaralé součástky z produkce firmy Tesla, která už tyto součástky nevyrábí. Jedná se především o usměrňovací diody KY 701F [5], zenerovy diody KZ 714 [6], staré kondenzátory a odpory. V současnosti ubývá počet obchodů, kde se dají tyto zastaralé součástky zakoupit. Větší možnost nákupu těchto součástek poskytují internetové bazarové aukce. Samozřejmě existují kvalitní ekvivalentní náhrady za tyto zastaralé součástky a to také bude částečně předmětem modernizace. Stará deska obsahuje také velké množství propojovacích vodičů, které snižují přehlednost desky, jsou zdrojem poruch a akumulace nečistot. Jedná se hlavně o propojovací vodiče mezi přepínačem a deskou AAR. Z tohoto hlediska bude nejlepším řešením použití přepínače s montáží do desky plošných spojů. V dnešní době jsou při výrobě elektronických zařízení stále častěji používány součástky pro povrchovou montáž. Tyto moderní součástky se označují jako „SMD součástky“ (z angl. SMD – Surface Mount Device). Velkou výhodou použití SMD součástek je jejich rozměr. Součástky jsou spolehlivější, menší a kompaktnější než klasické elektronické součástky a tím je i menší celkový elektronický obvod. Dále je možno umístit součástky po obou stranách desky plošných spojů. S osazením SMD součástek se odstraňuje problém s vrtáním do DPS [7]. Je zřejmé, že použití těchto součástek při návrhu elektronických schémat a konstrukci DPS poskytuje velké výhody. Z tohoto důvodu bude i snaha o použití SMD součástek v návrhu modernizace modulu AAR. V některých případech však nebude možné použít SMD součástku, proto bude použito klasické součástky. Bude se tedy jednat o kombinovanou montáž. Všechny ostatní moduly umístěné v radiolokátoru, které již prošly modernizací, obsahují moderní elektronické součástky.

Z výše uvedených poznatků vyplývá, že nejlepší řešení modernizace radarového modulu AAR bude spočívat v návrhu nové desky jako ekvivalentní náhrada za desku starou. Starou desku AAR můžeme rozdělit do dvou samostatných obvodů (bloků) :

- obvod (blok) měření
- obvod (blok) regulace
- obvod blokování regulátorů

Tyto obvody (bloky) lze umístit na jedinou desku, tak jak je tomu na desce původní. V návrhu modernizace jsou již tyto obvody (bloky) na dvou samostatných deskách. Všechny tyto obvody jsou navzájem propojeny. Hlavním důvodem je použití nového přepínače a třech nových potenciometrů určených pro montáž do DPS. Tím to konstrukčním řešením bude snížen počet propojovacích vodičů mezi deskou a samotným přepínačem. Dalším kladem tohoto řešení bude přehlednost desky, omezení akumulace nečistot, snadná výměna přepínače, potenciometrů i ostatních elektronický součástí.

4 Návrh modernizace obvodu (bloku) měření

Jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách, je nutné nahradit starý přepínač umístěný na modulu AAR přepínačem s montáží do DPS. Pro tento účel byl vybrán velice kvalitní přepínač od firmy Elma. Jedná se o otočný přepínač s dvěma póly a deseti pozicemi [8]. Původní magnetoelektrický ručkový měřicí přístroj bude zachován i přesto, že existují ekvivalentní přesnější a modernější náhrady. Je možné použít přesnější měřicí systémy nebo použít digitální měřicí systém, ale pro účely měření na bloku AAR není potřeba přesnější měřicí systém. Principem samotného měření není přesně odečíst hodnotu měření, ale správně indikovat výchylku měřícího ručkového přístroje, podle které se regulují jednotlivé veličiny, z nichž nejdůležitější je proud magnetronu I_M . Pohled na čelní panel modulu AAR zobrazuje obr.č.4. V návrhu modernizace, bude čelní panel modulu AAR rozšířen o 4 LED diody, jejichž úkolem bude indikace zapnutého příslušného výkonového stupně. Jedna z LED diod bude barvy červené a její indikace bude znamenat blokování vysílače (vypnutý vysílač). Barva zbylých LED diod bude zelená. Z dlouholeté praxe vyplynula nutnost znát okamžitou přibližnou hodnotu proudu magnetronu a s tím související nastavení polohy jednotlivých potenciometrů. Modul AAR je umístěn ve vzdálenosti asi 3 metrů

od vstupních dveří do radiolokátoru. Z této vzdálenosti a také za podmínek, kdy nefunguje osvětlení, není možno příslušný údaj vyčíst z měřicího ručkového přístroje. Z tohoto důvodu je použit integrovaný obvod LM 3914 jako budič deseti LED diod v páskovém módu (bargraph). V tomto zapojení jsou anody všech LED diod připojeny společně ke kladnému napájecímu napětí. Všechny deset LED diod se umístí na čelní panel jako pásek. Diody budou pouze orientačně indikovat nastavení proudu magnetronu a s tím související nastavení jednotlivých potenciometrů pro dané výkonové stupně. To umožní obsluze rychle zjistit nastavení proudu magnetronu a s tím spojený celkový impulsní výkon vysílače radiolokátoru. Opticky bude též možné zjistit, jak jsou nastaveny jednotlivé potenciometry. Z těchto údajů je obsluha schopna rychle určit na jakém výkonovém stupni pracuje vysílač a zda není příliš zatěžován. Tuto novou DPS (blok) označíme jako AAR – Čelní panel.

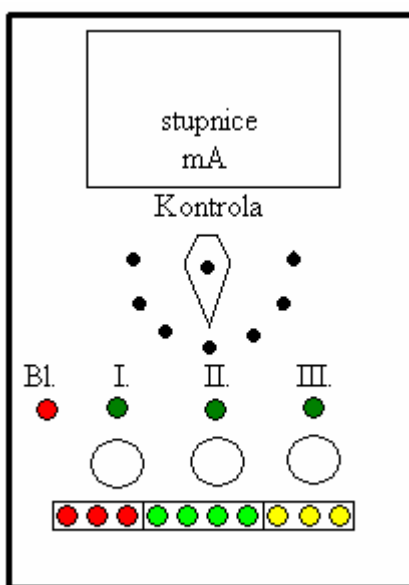


Obr.č. 4 Čelní panel modulu AAR, foto autora

4.1 Konstrukční provedení modulu AAR – Čelní panel

Všechny části umístěné na čelním panelu modulu AAR zůstanou zachovány. Otvory pro regulaci potenciometrů zůstanou stejné. Čelní panel bude rozšířen o 14 LED diod. Tato úprava není náročná. Postačí pouze vyvrtat otvory pro zvolené LED diody.

Na obr.č. 5 je schématicky znázorněn nový čelní panel. Barva LED diod v páskovém módu bude dle obr.č.5. Zelená barva LED diod indikuje správné naladění vysílače. Proud magnetronu je v dané toleranci a vysílač pracuje v pořádku. Červené LED diody znázorňují, že je nastaven malý proud magnetronu a žluté barvy LED diod indukují vysoký proud magnetronu a to znamená, že je vysílač příliš zatěžován. Zhotovení nové desky je limitováno rozměry původního modulu AAR, proto nová deska bude mít rozměry 70 x 90 mm. Pro tento návrh modernizace je velikost desky dostačující.



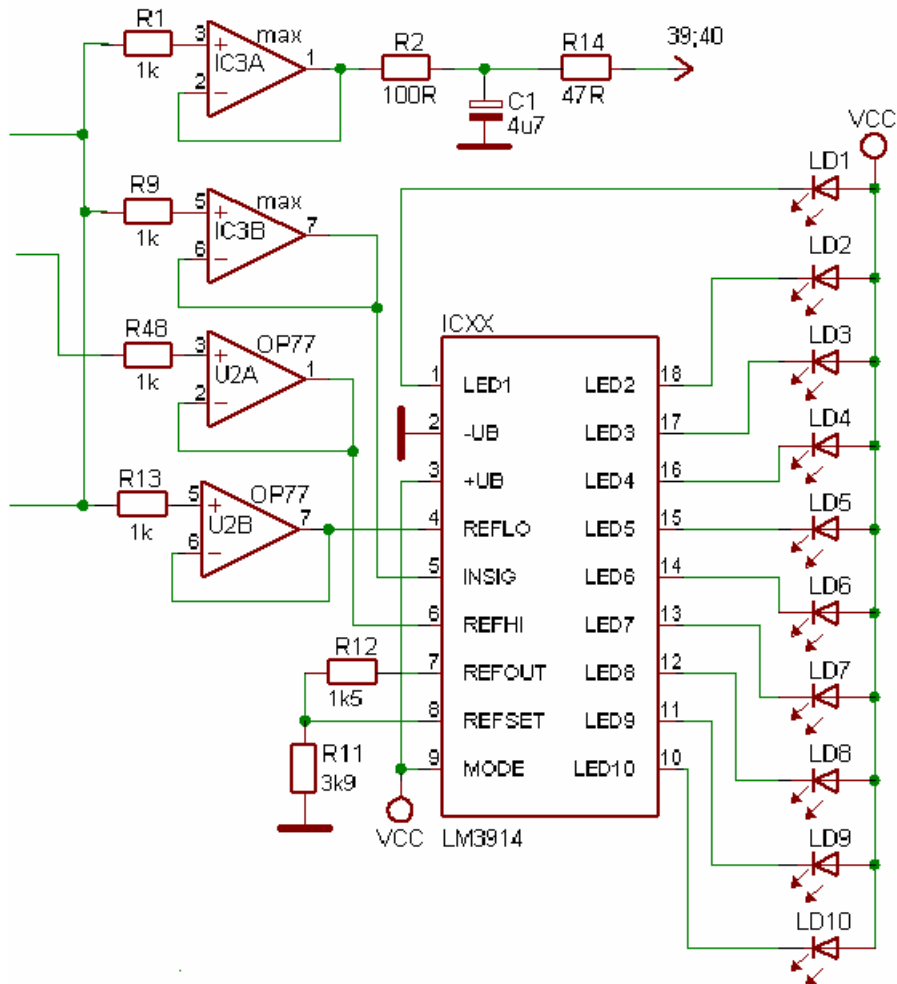
Obr.č. 5 Schématické znázornění nového čelního panelu AAR

Tato nová deska bude umístěna za předním krytem (panelem) modulu AAR, proto byla označena jako deska AAR – Čelní panel. K propojení s hlavní deskou, kde jsou umístěny nejdůležitější části obvodu, je zapotřebí min. 20 vodičů. Nejvhodnějším řešením je použití konektorů s montáží do DPS. Deska bude osazena novým přepínačem, 14-ti LED diodami a vhodnými třemi potenciometry umožňující montáž do DPS.

4.2 Obvod měření s LED indikací

Samotné schéma tohoto obvodu je znázorněno na obr. č. 6. Toto schéma je jen pouze částí celkového schématu návrhu modernizace. Začlenění tohoto elektrického obvodu do celkového návrhu modernizace bude popsán a znázorněn v následujících kapitolách

a obrázků. Hlavním prvkem tohoto elektrického obvodu je integrovaný obvod LM 3914, který slouží jako budič deseti LED diod.



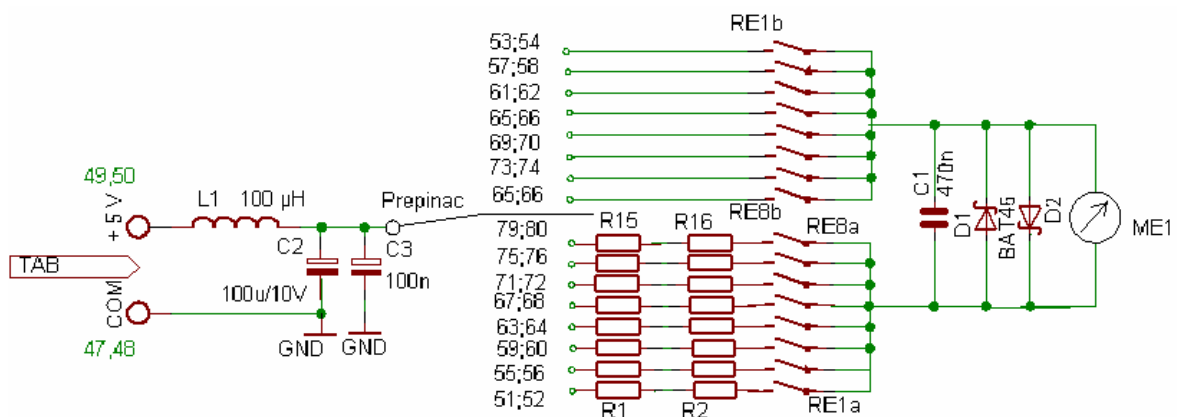
Obr.č 6 Schéma obvodu měření s LED indikací

Vnitřní zapojení integrovaného obvodu LM 3914 nalezneme v příslušném datasheetu [10], z kterého je patrné, že základem celého zapojení je deset komparátorů ovládající deset výstupů pro LED diody. Všechny komparátory mají vždy jeden vstup připojený na vstupní napětí (signál) přes vnitřní zesilovač a druhý vstup mají připojený na určité místo v odporovém řetězci (děliči). Jeden konec řetězce je vyveden na vývod (pin) č.4 označený jako R_{LO} a druhý konec řetězce na vývod (pin) č.6 označený jako R_{HI} . Připojením vývodu (pinu) na napájecí napětí VCC se změní mód z bodového na páskový mód (bargraph). Přivedením různých napětí na vývody (piny) č.4 a č.6

se nastavuje reference a po příchodu signálu na vývod (pin) č.5 se rozsvítí odpovídající počet LED diod [11].

4.3 Obvod měření ručkovým měřícím přístrojem

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4, měření na modulu AAR pomocí LED diod je jen a pouze orientační. Pro přesnější měření a s tím spojenou regulací zůstane zachován původní ručkový měřící systém. V novém návrhu budou nahrazeny diody KY701F Schottkyho diodami BAT 46. Do nového měřícího obvodu je začleněno 8 ks spínacích relé pro každou měřenou veličinu. Relé musí mít schopnost spínat vyšší výkony a musí být rozměrově přijatelné. Z tohoto důvodu bylo vybráno relé typu MP – 05. Cívka v relé se ovládá napětím + 5 V a její odpor je 178 Ω , což vyhovuje požadavkům na co nejmenší celkový příkon. Relé je vybaveno dvojitým přepínacím kontaktem [12]. Pro účely obvodu měření postačí pouze jeden spínací kontakt. Ovládací napětí + 5 V bude přivedeno na kontakty (piny) č.49;50 a 47;48 desky AAR. Podle tabulky 1 na str. 8 je zřejmé, že tyto pozice jsou volné a na tyto kontakty (piny) není nic přivedeno. Přivedení potřebného ovládacího napětí si vyžádá menší úpravy v samotném vysílači radiolokátoru. Tyto úpravy však nejsou náročné ani složité. Jelikož je v blízkosti modulu AAR umístěn modul TAB, který dodává + 5 V do jiných modulů (bloků), bude z tohoto modulu dodatečně vytaženo napětí + 5 V na konektorovou patici modulu AAR. K propojení dojde pomocí dvou vodičů o přibližné délce 40 cm. Přepínačem se přivádí ovládací napětí + 5 V na relé. Podle toho, která se měří veličina, sepne odpovídající relé a informace je přivedena na ručkový měřící přístroj. Schéma obvodu měření s ručkovým měřícím přístrojem je znázorněno na obr. 7.



Obr.č. 7 Schéma obvodu s ručkovým měřícím přístrojem

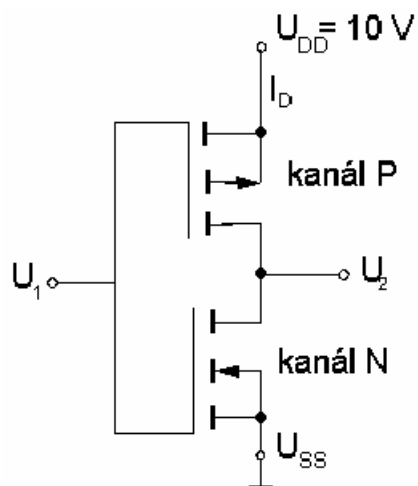
4.4 Seznam součástek obvodu měření ručkovým měřicím přístrojem

relé typ MP – 05	8 ks
L1 – 100 μ H	
C1 – keramický kondenzátor 470 nF	
C2 – elektrolytický kondenzátor 100 μ F / 10 V	
C3 – elektrolytický kondenzátor 100 nF	
D1 – Schottkyho dioda BAT 46	
D2 – Schottkyho dioda BAT 46	
R1 – 560R	R8 – 220k
R2 – 3k3	R9 – 470R
R3 – 470R	R10 – 470R
R4 – 3k3	R11 – 68k
R5 – 1k	R12 – 33k
R6 – 3k3	R13 – 82R
R7 – 47k	R14 – 27R

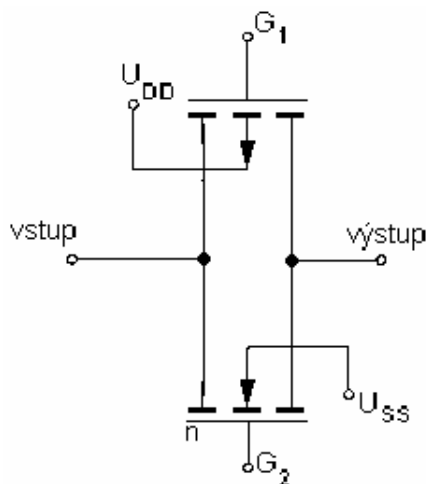
5 Návrh modernizace obvodu (bloku) regulace

Zastaralé a často poruchové relé typu LUN 2621.5/513 (celkem 2 kusy na desce) a relé typu LUN 2621.4/503 (celkem 2 kusy na desce) už v novém návrhu modernizace nebudou umístěny. Celkový koncept návrhu modernizace je založen na moderních obvodových elektronických součástkách jako jsou obvody typu CMOS. Logické obvody CMOS využívají komplementární tranzistory MOSFET (tranzistory řízené elektrickým polem s izolovanou řídicí elektrodou a kanálů s vodivostí P a N). Všechny logické obvody CMOS se skládají ze dvou základních stavebních prvků, z invertoru, který je na obr.č 8 a přenosového hradla, znázorňující obr.č. 9. Složením obou prvků vznikne obousměrný (bilaterální) spínač. Obvody CMOS mají na rozdíl od obvodů TTL velmi malý příkon, mají větší rozsah napájecího napětí (3 až 16 V). Další výhodou obvodů CMOS je šumová imunita (40% U_{DD}), velký rozsah pracovních teplot (-55 až 125 °C), velký logický zisk (prakticky 50 až 100), malé nároky na napájecí zdroj (můžeme použít nestabilizovaný zdroj) a slučitelnost s obvody TTL. Mezi nevýhody obvodů CMOS patří citlivost na přepětí. Jelikož je vstupní odpor značně velký, obvod může zničit i velmi malá energie elektrostatického náboje. Z tohoto

důvodu vyplývá, že při manipulaci s těmito obvody musíme být opatrní. Obvody CMOS musíme přepravovat a skladovat v antistatických obalech, při práci používat veškeré dostupné prostředky zabraňující vzniku elektrostatického náboje. Doporučuje se nepoužívat pistolové páječky [13].



Obr. č. 8 Invertor, převzato a upraveno [13]

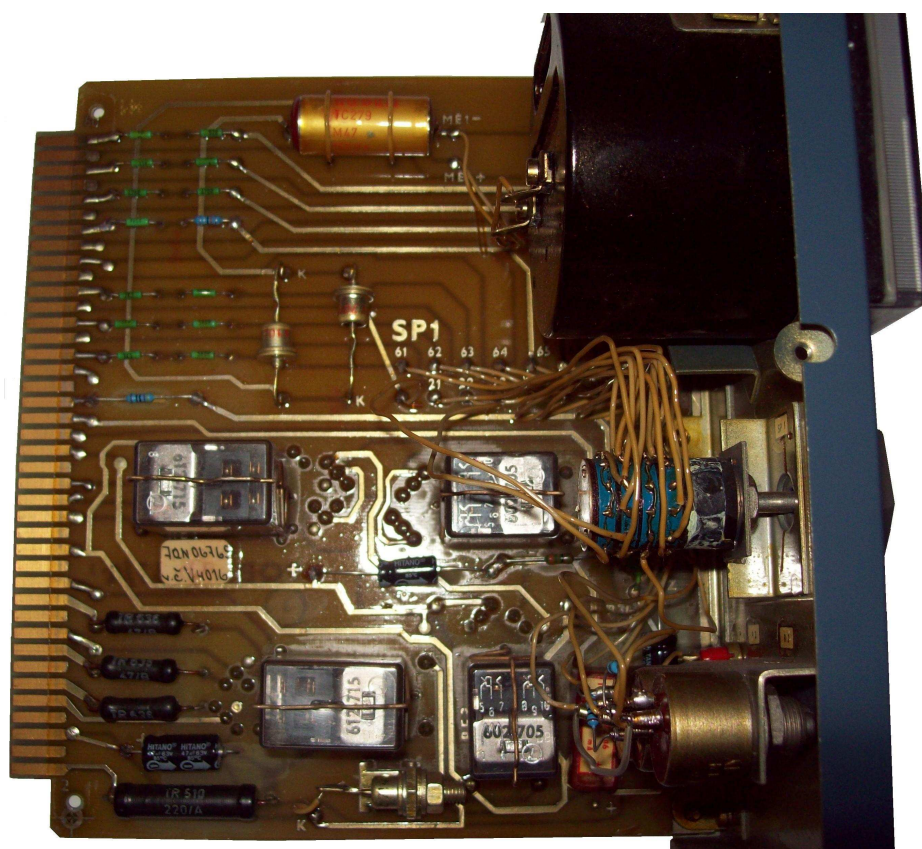


Obr. č. 9 Přenosové hradlo, převzato a upraveno [13]

Jak bylo napsáno již výše, mechanická regulace obvodu AAR bude řešena pomocí třech potenciometrů umístěných na desce AAR – Čelní panel. Avšak samotná elektronická regulace bude umístěna na novou desku. Na této nové desce budou umístěny všechny zbývající elektronické obvody. Tato nová deska ponese označení AAR – Hlavní panel.

5.1 Konstrukční provedení modulu AAR – Hlavní panel

Při samotném návrhu modernizace, musí být brán zřetel na velikost původní desky AAR. Nová DPS - Hlavní panel musí být rozměrově a konstrukčně naprosto shodná s deskou původní. Je to z toho důvodu, že nový modul AAR musí být kompatibilní s mechanickým uložením ve vysílači radiolokátoru. Nová deska musí mít 80 zlacených kontaktů (pinů). Pro názornost je na obr. č. 10 fotografie boční strany starého modulu AAR.

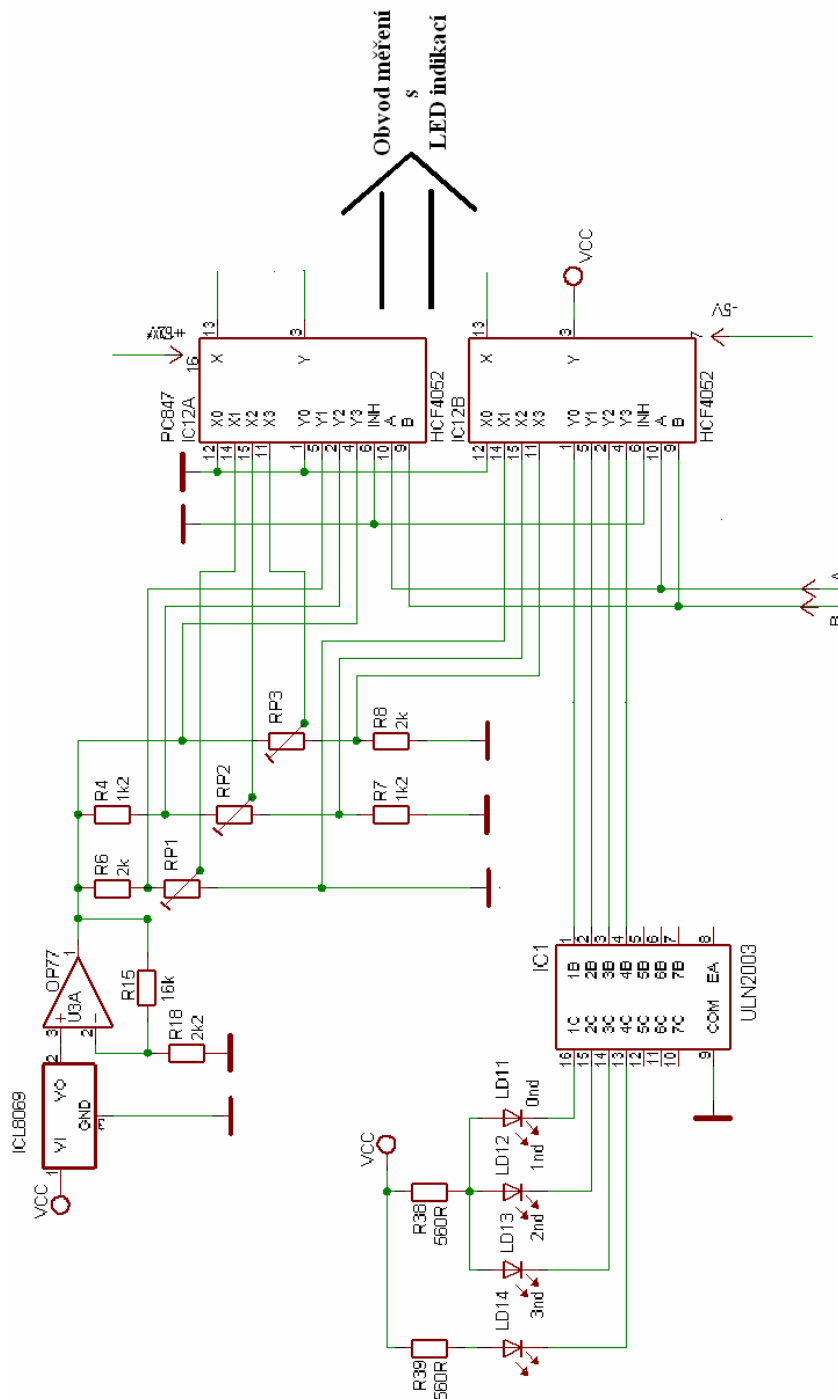


Obr. č. 10 Boční strana modulu AAR

Deska má rozměry 160 x 180 mm. První rozměr je měřen až k samotným kontaktům (pinům). Nová DPS – Hlavní panel bude oboustranná, to nám umožní využít větší prostor pro nový návrh modernizace a její výroba bude svěřena profesionální firmě zabývající se výrobou desek plošných spojů. Samotná DPS se uchyť k čelnímu krytu modulu AAR pomocí dvou šroubů.

5.2 Obvod regulace s LED indikací zapnutého výkonu

Schéma tohoto obvodu je znázorněno na obr. č. 11. Toto schéma je pouze částí celkového schématu návrhu modernizace a navazuje na schéma obvodu měření s LED indikací. Regulace obvodu je řešena pomocí třech stejných potenciometrů označených jako RP1, RP2, RP3.



Obr. č. 11 Schéma obvodu regulace s LED indikací zapnutého výkonu

V návrhu byl zvolen obvod ICL 8069 [14], sloužící jako napěťová reference o hodnotě 1,2 V [14]. Toto napětí je přiváděno na neinvertující vstup operačního zesilovače. Zesílení neinvertujícího zesilovače s ideálním operačním zesilovačem je odvozeno pomocí vztahu (2) vycházející z [15], kde A_N je zesílení ideálního OZ, R1 a R2 je odporový dělič, tvořící zpětnou vazbu.

$$A_N = 1 + \frac{R1}{R2} \quad (2)$$

V návrhu obvodu je použit operační zesilovač OP77, jehož vnitřní zapojení a parametry jsou uvedeny v příslušném datasheetu [16] a jeho zesílení je tvořeno odpory R15, R18. Na výstupu operačního zesilovače bude přibližně 10 V. Toto napětí je postupně přiváděno na tři regulovatelné odporové děliče, kterými se nastavují jednotlivé výkonové stupně vysílače. Potenciometr RP1 reguluje I. stupeň a to v rozmezí 0 až 3,3 V. Jedná se o regulovaný napěťový dělič, jehož výstupy jsou vedeny na vstupy integrovaných obvodů HCF 4052. Proměnný odpor RP2 reguluje II. stupeň v rozmezí 3,3 až 6,6 V a III. stupeň nastavuje potenciometr RP3 v rozmezí 6,6 až 10 V. Všechny výstupy jednotlivých děličů jsou vedeny na vstupy multiplexerů. Vše je patrné z obr. č. 11. Pro tento konkrétní návrh modernizace byly vybrány multiplexery HCF4052 – 2 x 4kanálový multiplexer. Tento integrovaný obvod obsahuje dva čtyřvstupové multiplexery se společnými adresovanými vstupy [13]. Multiplexer pracuje na principu přepínače, který propojí určitý vstup s výstupem podle toho, jak jsou nastaveny jeho adresové vstupy. V tomto případě obsahuje multiplexer dva adresové vstupy A, B. Konkrétní adresování multiplexerů bude uvedeno v následující kapitole. Vnitřní zapojení a parametry integrovaného obvodu HCF4052 lze nalézt v příslušném datasheetu [17]. Část integrovaného obvodu HCF 4052 označeného na obr. č. 11 jako IC12B plní funkci i demultiplexeru. To znamená, že jeden konkrétní vstup je přiveden na určitý výstup podle nastavené příchozí adresy. Kontakt (pin) č. 3 označený jako kanál Y představuje vstup a k němu náleží výstupy (kanály) Y_0, Y_1, Y_2, Y_3 . V tomto konkrétním případě přichází na vstup kanálu Y napájecí napětí $VCC + 5 V$. Toto napětí se dostane na výstup konkrétního kanálu Y v závislosti na adresovém vstupu. Jednotlivé výstupy Y_0, Y_1, Y_2, Y_3 jsou přivedeny na integrovaný obvod ULN2003. Tento integrovaný obvod (IO) představuje spínač tvořený párem tranzistorů v Darlingtonově zapojení. Celkem obsahuje 7 spínačů. Maximální spínané napětí je 50 V a maximální spínaný proud pro jeden výstup činí 500 mA. Obvod ULN2003 je vhodný ke spínání relé, žárovek, LED diod, fluorescenčních a LED

displejů [18]. V tomto návrhu bude IO ULN2003 označený jako IC1 na obr. č. 11 , sloužit ke spínání LED diod, které budou znázorňovat zapnutý příslušný výkonový stupeň radiolokátoru nebo vypnutý vysílač. Příslušná LED dioda se rozsvítí v závislosti na adresových vstupech A, B obvodů HCF 4052, které budou odpovídat příslušnému výkonostnímu stupni vysílače nebo jeho vypnutému stavu. Zároveň bude možné regulovat potenciometry RP1, RP2, RP3 nastavení vysílače dle veličin uvedených v tabulce 2 na str. 13.

5.3 Celkové schéma návrhu modernizace

Ke správnému adresování vstupů multiplexorů HCF4052 je použita funkční tabulka 3.

Tabulka 3 Funkční tabulka integrovaného obvodu 4052, převzato a upraveno z [13]

Inhibit	B	A	Sepnuto
L	L	L	X0, Y0
L	L	H	X1, Y1
L	H	L	X2, Y2
L	H	H	X3, Y3
H	X	X	žádný

Jak je patrné z tabulky 3, je použito 2 x 4 výstupů. Pro konkrétní návrh byly k těmto výstupům přiřazeny jednotlivé výkonové stupně včetně blokování vysílače (vypnutý stav). Na obr. č. 12 je znázorněno schéma adresování multiplexerů v závislosti na daném zapnutém výkonovém stupni vysílače. Toto schéma zahrnuje i blokování vysílače. V tabulce 4 je konkrétní návrh adresování multiplexerů související se zapnutým příslušným výkonovým stupněm.

Tabulka 4 Adresování multiplexorů (pravdivostní tabulka), převzato a upraveno z [13]

Inhibit	A	B	Sepnuto	Funkce
0	0	0	X0, Y0	Blokování
0	1	0	X1, Y1	I. stupeň
0	0	1	X2, Y2	II. stupeň
0	1	1	X3, Y3	III. stupeň
1	X	X	Žádný	Žádná

Jelikož multiplexer HCF4052 má dva adresové vstupy, jsou v obvodu použity integrované obvody CMOS 4081 a 4049. Integrovaný obvod 4081 tvoří čtyři nezávislá dvoustupá hradla AND. IO 4049 tvoří šest nezávislých invertujících oddělovačů. Tabulka 5 představuje pravdivostní tabulku integrovaného obvodu 4081 a tabulka 6 obvodu 4049 [13]. Ke galvanickému oddělení je použit optočlen PC847.

Tabulka 5 Pravdivostní tabulka IO 4081, převzato a upraveno [13]

A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

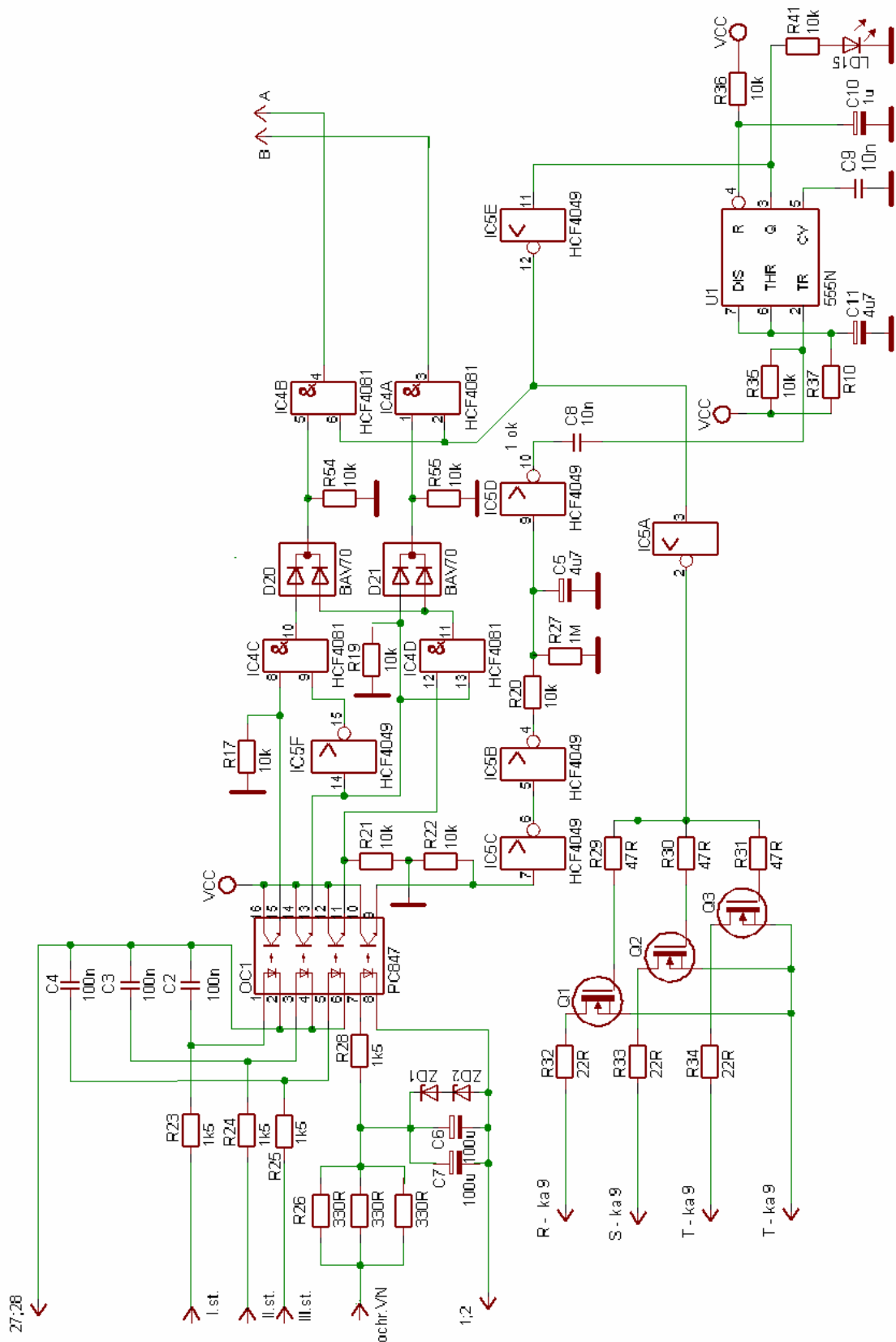
Tabulka 6 Pravdivostní tabulka IO 4049, převzato a upraveno [13]

A	Y
L	H
H	L

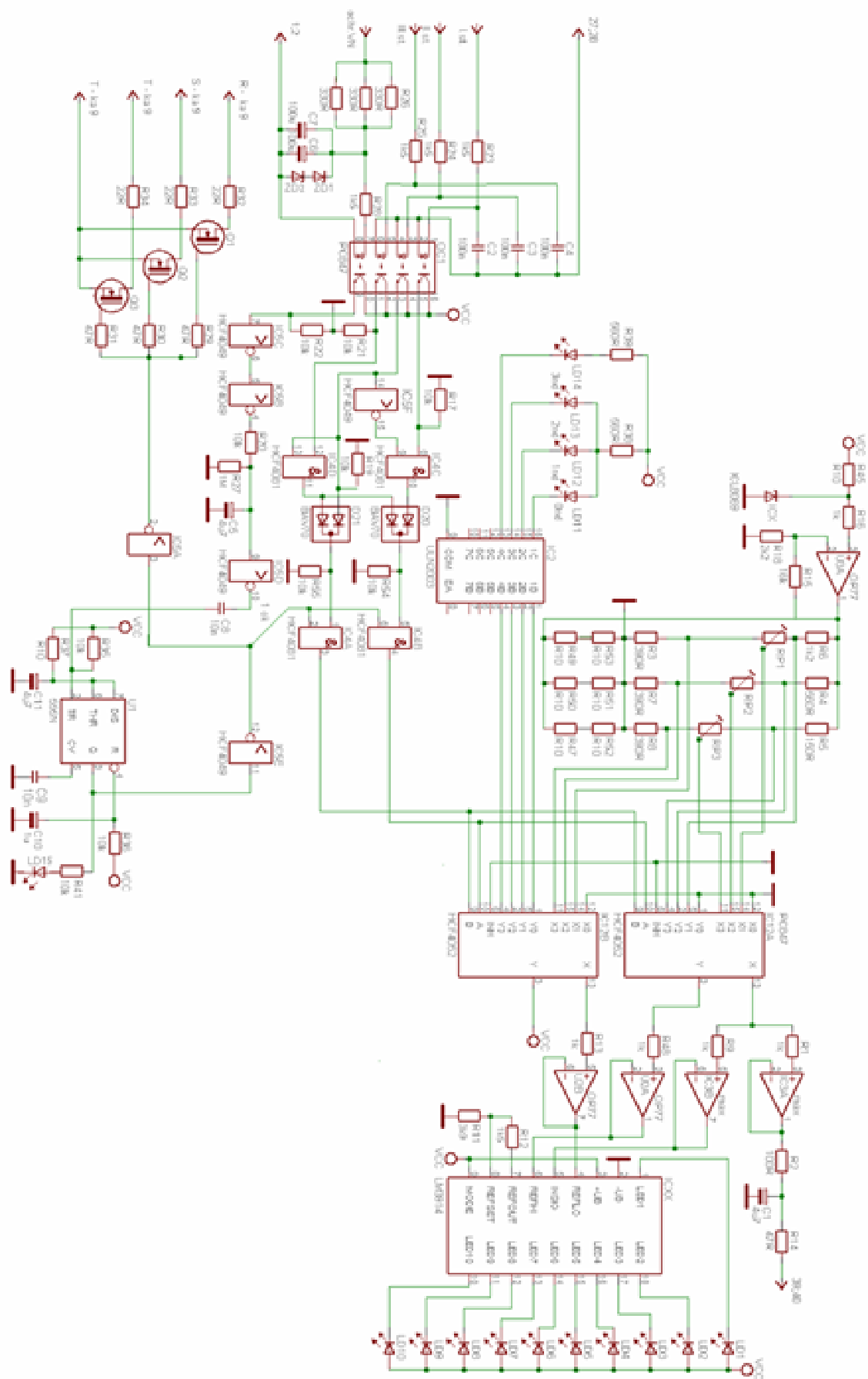
Pomocí integrovaného obvodu 555N je realizováno blokování regulátorů R, S, T. Integrovaný obvod 555N je použit jako časovač. Jeho doporučené zapojení, nastavení a pochopení funkce bylo čerpáno z [19].

Všechna schémata byla nakreslena pomocí programu Eagle verze 5.11 pro Windows. Tento program je volně k dispozici ke stažení na stránkách www.cadsoft.de [20]. Při kreslení schémat a řešení elektronických obvodů bylo čerpáno z [21].

Komplexní pohled na návrh modernizace modulu AAR poskytuje obr. č. 13, představující celkové schéma návrhu modernizace desky AAR.



Obr. č. 12 Schéma adresování multiplexerů s obvodem blokování regulátorů



Obr. č. 13 Celkové schéma návrhu modernizace

6 Závěr

V této bakalářské práci bylo provedeno seznámení s modulem AAR s cílem pochopit zapojení a funkci modulu AAR včetně samotné konstrukce daného modulu. Toto seznámení se zapojením a funkcí modulu AAR je nezbytné pro návrh modernizace desky AAR. Bylo provedeno dílčí a potom komplexní řešení návrhu modernizace elektronických obvodových částí.

Vlastní modernizace modulu AAR přináší lepší přehlednost desky, zvýšení spolehlivosti, prodloužení doby životnosti, úsporu elektrické energie, snadnou údržbu a opravitelnost modulu AAR, která nevyžaduje odborný zásah pověřené firmy, zabývající se servisem daného radiolokátoru. Dalším přínosem uvedené modernizace je usnadnění práce obsluhy radiolokátoru.

Práce měla být obohacena o praktickou realizaci samotného modulu AAR, která též zahrnovala návrh desky plošných spojů a ověření funkce nové desky. Vzhledem k tomu, že modul AAR je vojenským materiálem, modernizační postup a jeho praktická realizace musí být schválena nadřízeným stupněm.

Z důvodu velkých finančních úspor v armádě ČR, nebyl doposud schválen návrh modernizace nadřízeným stupněm ani jeho praktická realizace. Dalším aspektem zapříčiňující nemožnost praktické realizace modulu AAR je fakt, že ještě není známa firma, s kterou by byla uzavřena smlouva na servis radiolokátoru RL – 4 AS. Pro praktickou realizaci a výrobu desky AAR je třeba znát odborné posouzení firmy zabývající se servisem daného radiolokátoru. V průběhu tvorby návrhu modernizace byla známa firma zabývající se servisem daného radiolokátoru, tudíž nebyl předpoklad se domnívat, že bude problém v odborném posouzení návrhu modernizace. V roce 2010 však vypršel kontrakt na servis radiolokátoru mezi danou firmou a Ministerstvem obrany. Doposud ještě není známa firma na poskytování servisu radiolokátoru RL – 4 AS. Doufám, že v budoucnu bude možnost praktické realizaci modulu AAR a jeho začlenění do radiolokátoru.

7 Použitá literatura

- [1] <http://www.bvrpz.army.cz/> (10.6.2010)
- [2] Ministerstvo obrany České republiky – Agentura vojenských informací a služeb 2005. ISBN 80-7278-253-3
- [3] Přehledový radiolokátor RL – AS, Svazek 2.1, Technický popis, Část II : kap. 1 až 4, TESLA Pardubice 1977
- [4] Přehledový radiolokátor RL – AS, Svazek 2.8, Technická ošetření a opravy, Část III : kap. 1 až 3
- [5] <http://katalogy.ic.cz/KY701F.html> (25.4.2011)
- [6] <http://katalogy.ic.cz/KZ714.html> (25.4.2011)
- [7] http://www.technictest.com/uvod_smd.php (26.4.2011)
- [8] <http://uk.farnell.com/elma/01-2103/switch-2-pole-10-pos/dp/1876058>
- [9] BARTOŇ, K. Úsporné zapojení LED, řízených obvody LM3914, 15, 16. Amatérské radio Praktická elektronika, č. 10, roč. 1,(1996), str. 14.
- [10] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8898/NSC/LM3914.html>
(20.10.2010)
- [11] <http://nehudek.wz.cz/index2.php?id=11> (20.12.2010)
- [12] <http://www.gme.cz/dokumentace/dokumenty/634/634-190/dsh.634-190.1.pdf>
(10.1.2011)
- [13] JEDLIČKA, P. Přehled obvodů řady CMOS 4000, díl I. – obvody 4000...4099, Praha : nakladatelství BEN – technická literatura, 1996.
- [14] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/67446/INTERSIL/ICL8069.html>
(20.10.2010)
- [15] PUNČOCHÁŘ, J. Operační zesilovače v elektronice, Praha : nakladatelství BEN – technická literatura, 1996. ISBN 80-901984-3-0.
- [16] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/49061/AD/OP77.html>
(27.11.2010)
- [17] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22369/STMICROELECTRONICS/HCF4052.html> (8.11.2010)
- [18] KOLOMAZNÍK, P. Integrované obvody ULN2001 - ULN2005. Amatérské radio A, č. 2, roč. LXXI, (1993), str. 13.
- [19] HÁJEK, J. Časovač 555 praktická zapojení, nakladatelství AA, Praha a BEN – technická literatura, 1996. ISBN 80-85230-20-8, ISBN 80-901984-1-4

[20]<http://www.cadsoft.de/download.htm>

[21] CETL, T., HRZINA, P., PAPEŽ, V. Příklady konstrukčních řešení elektronických obvodů. Nakladatelství ČVUT, České vysoké učení technické v Praze, 2006.

.

8 Přílohy

Low Voltage Reference

The ICL8069 is a 1.2V temperature-compensated voltage reference. It uses the band-gap principle to achieve excellent stability and low noise at reverse currents down to 50µA. Applications include analog-to-digital converters, digital-to-analog converters, threshold detectors, and voltage regulators. Its low power consumption makes it especially suitable for battery operated equipment.

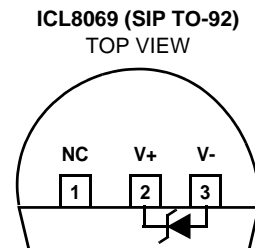
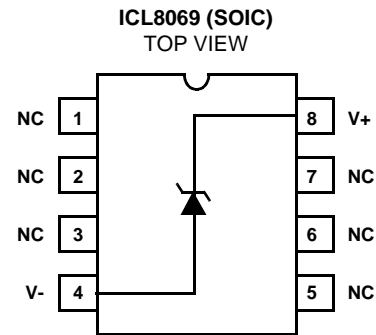
Ordering Information

PART NUMBER	MAXIMUM TEMPCO	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. DWG. #
ICL8069CCZR	0.005%/°C	0 to 70	SIP Package (TO-92)	Z3.05
ICL8069DCZR	0.01%/°C	0 to 70	SIP Package (TO-92)	Z3.05
ICL8069CCBA	0.005%/°C	0 to 70	8 Ld SOIC	M8.15

Features

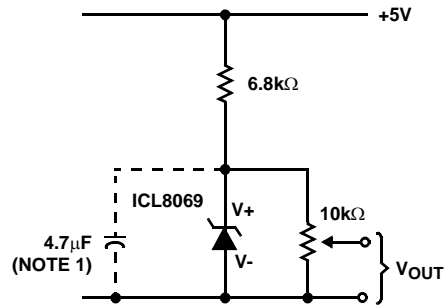
- Low Bias Current (Min) 50µA
- Low Dynamic Impedance
- Low Reverse Voltage
- Low Cost

Pinouts

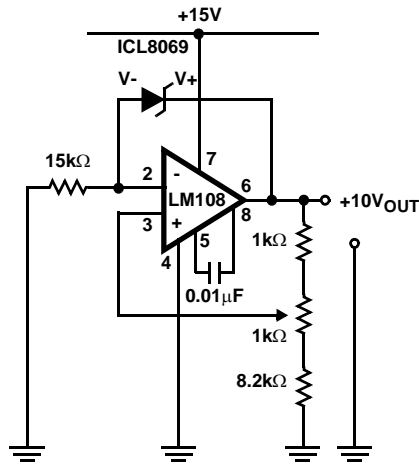


Functional Block Diagrams

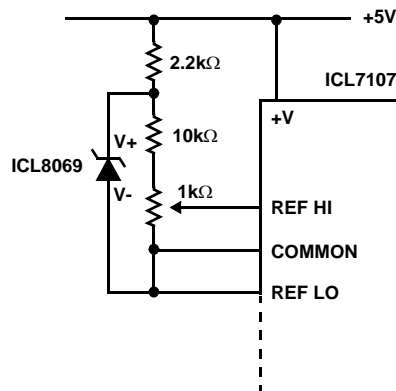
SIMPLE REFERENCE (1.2V OR LESS)



BUFFERED 10V REFERENCE USING A SINGLE SUPPLY



DOUBLE REGULATED 100mV REFERENCE FOR ICL7107 ONE-CHIP DPM CIRCUIT



Absolute Maximum Ratings

Reverse Voltage See Note 3
 Forward Current 10mA
 Reverse Current 10mA

Operating Conditions

Temperature Ranges
 ICL8069C 0°C to 70°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1) θ_{JA} (°C/W) θ_{JC} (°C/W)
 SOIC Package 170 N/A
 SIP (TO-92) Package 200 N/A
 Power Dissipation Limited by MAX Forward/Reverse Current
 Maximum Junction Temperature (SOIC Package) 150°C
 Maximum Storage Temperature Range -65°C to 150°C
 Maximum Lead Temperature (Soldering 10s) 300°C
 (SOIC - Lead Tips Only)

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Specified

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Reverse Breakdown Voltage	$I_R = 500\mu\text{A}$	1.20	1.23	1.25	V
Reverse Breakdown Voltage Change	$50\mu\text{A} \leq I_R \leq 5\text{mA}$	-	15	20	mV
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 50\mu\text{A}$	-	1	2	Ω
	$I_R = 500\mu\text{A}$	-	1	2	Ω
Forward Voltage Drop	$I_F = 500\mu\text{A}$	-	0.7	1	V
RMS Noise Voltage	$10\text{Hz} \leq F \leq 10\text{kHz}$, $I_R = 500\mu\text{A}$	-	5	-	μV
Long Term Stability	$I_R = 4.75\text{mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	1	-	ppm/kHR
Breakdown Voltage Temperature Coefficient	$I_R = 500\mu\text{A}$, $T_A = \text{Operating Temperature Range}$	-	-	0.005	%/°C
		-	-	0.01	%/°C
Reverse Current Range	1.18V to 1.27V	0.050	-	5	mA

NOTES:

2. If circuit strays in excess of 200pF are anticipated, a 4.7 μF shunt capacitor will ensure stability under all operating conditions.
3. In normal use, the reverse voltage cannot exceed the reference voltage. However when plugging units into a powered-up test fixture, an instantaneous voltage equal to the compliance of the test circuit will be seen. This should not exceed 20V.

Typical Performance Curves

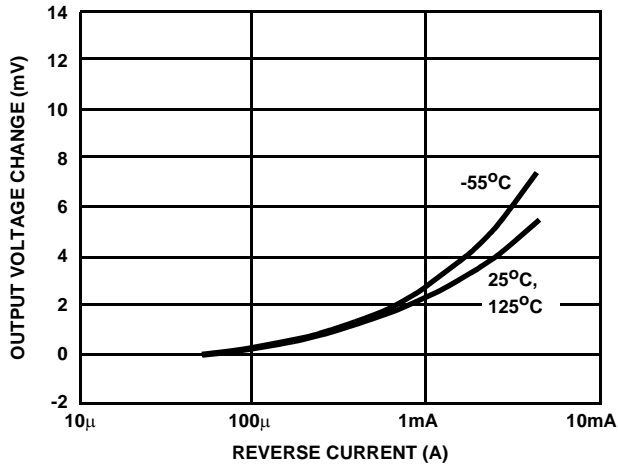


FIGURE 1. VOLTAGE CHANGE AS A FUNCTION OF REVERSE CURRENT

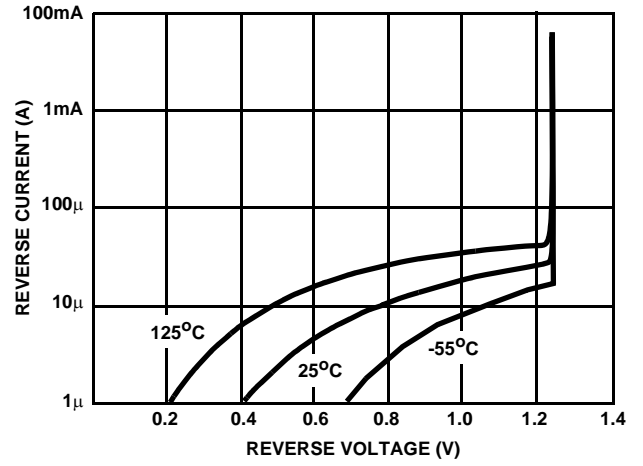


FIGURE 2. REVERSE VOLTAGE AS A FUNCTION OF CURRENT

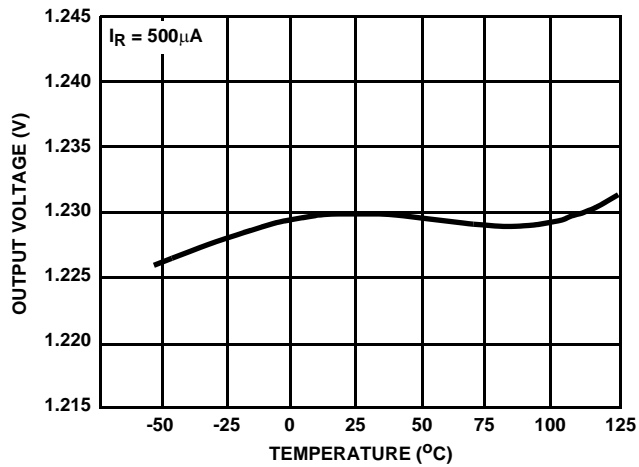
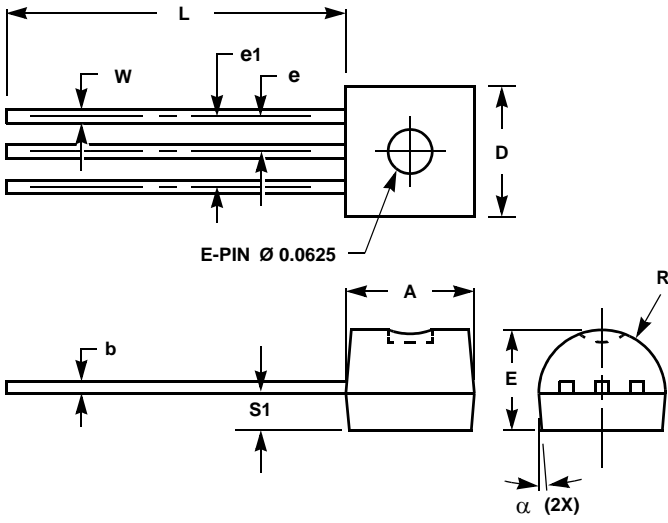


FIGURE 3. REVERSE VOLTAGE AS A FUNCTION OF TEMPERATURE

Single-In-Line Plastic Packages (SIP)



Z3.05 (JEDEC STYLE TO-92 MODIFIED)
3 LEAD PLASTIC SINGLE-IN-LINE PACKAGE

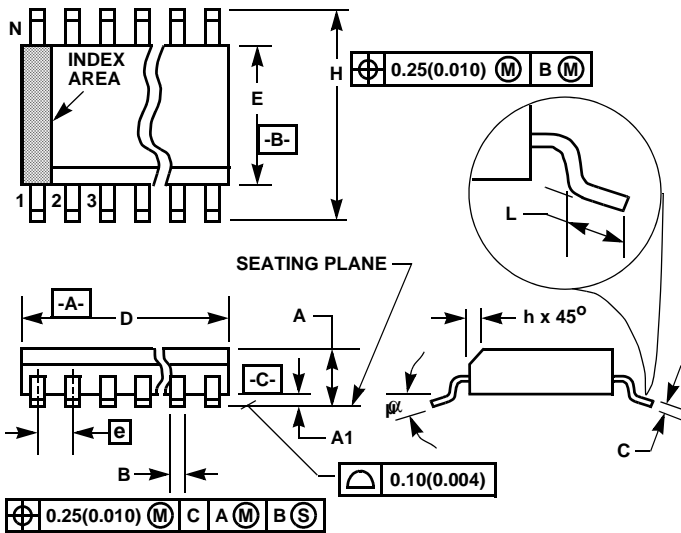
SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	0.170	0.195	4.32	4.95	1
b	0.014	0.020	0.36	0.51	2
E	0.130	0.155	3.30	3.94	1
e	0.045	0.055	1.14	1.40	-
e1	0.095	0.105	2.41	2.67	-
L	0.500	0.610	12.70	15.49	-
R	0.085	0.095	2.16	2.41	-
S1	0.045	0.060	1.14	1.52	-
W	0.016	0.022	0.41	0.56	2
D	0.175	0.195	4.45	4.95	1
α	4°	6°	4°	6°	-

NOTES:

1. Package body dimensions do not include any mold flash or protrusions.
2. Package outline dimensions do not include burrs.
3. Controlling dimension: INCH.

Rev. 0 2/94

Small Outline Plastic Packages (SOIC)



**M8.15 (JEDEC MS-012-AA ISSUE C)
8 LEAD NARROW BODY SMALL OUTLINE PLASTIC
PACKAGE**

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	0.0532	0.0688	1.35	1.75	-
A1	0.0040	0.0098	0.10	0.25	-
B	0.013	0.020	0.33	0.51	9
C	0.0075	0.0098	0.19	0.25	-
D	0.1890	0.1968	4.80	5.00	3
E	0.1497	0.1574	3.80	4.00	4
e	0.050 BSC		1.27 BSC		-
H	0.2284	0.2440	5.80	6.20	-
h	0.0099	0.0196	0.25	0.50	5
L	0.016	0.050	0.40	1.27	6
N	8		8		7
α	0°	8°	0°	8°	-

NOTES:

1. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication Number 95.
2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
3. Dimension "D" does not include mold flash, protrusions or gate burrs. Mold flash, protrusion and gate burrs shall not exceed 0.15mm (0.006 inch) per side.
4. Dimension "E" does not include interlead flash or protrusions. Interlead flash and protrusions shall not exceed 0.25mm (0.010 inch) per side.
5. The chamfer on the body is optional. If it is not present, a visual index feature must be located within the crosshatched area.
6. "L" is the length of terminal for soldering to a substrate.
7. "N" is the number of terminal positions.
8. Terminal numbers are shown for reference only.
9. The lead width "B", as measured 0.36mm (0.014 inch) or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0.61mm (0.024 inch).
10. Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

Rev. 0 12/93

All Intersil U.S. products are manufactured, assembled and tested utilizing ISO9000 quality systems. Intersil Corporation's quality certifications can be viewed at www.intersil.com/design/quality

Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design, software and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see www.intersil.com

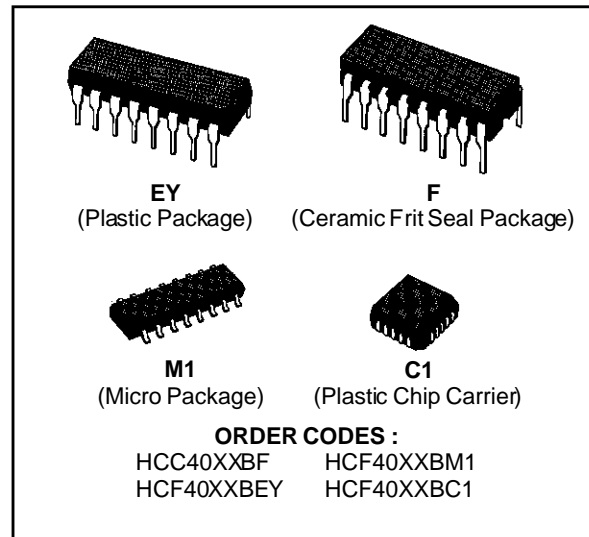
ANALOG MULTIPLEXERS-DEMULTIPLEXERS

4051B - SINGLE 8-CHANNEL

4052B - DIFFERENTIAL 4-CHANNEL

4053B - TRIPLE 2-CHANNEL

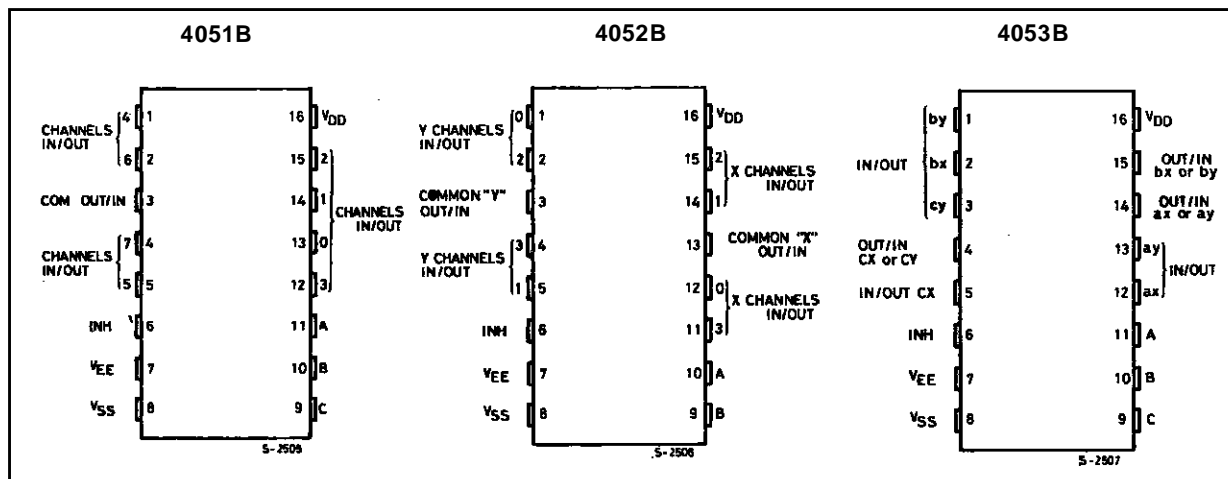
- QUIESCENT CURRENT SPECIFIED TO 20V FOR HCC DEVICE
- LOW "ON" RESISTANCE : 125Ω (typ.) OVER 15V p.p. SIGNAL-INPUT RANGE FOR $V_{DD} - V_{EE} = 15V$
- HIGH "OFF" RESISTANCE : CHANNEL LEAKAGE $\pm 100pA$ (typ.) $V_{DD} - V_{EE} = 18V$
- BINARY ADDRESS DECODING ON CHIP
- VERY LOW QUIESCENT POWER DISSIPATION UNDER ALL DIGITAL CONTROL INPUT AND SUPPLY CONDITIONS : 0.2 μW (typ.), $V_{DD} - V_{SS} = V_{DD} - V_{EE} = 10V$
- MATCHED SWITCH CHARACTERISTICS : $R_{ON} = 5\Omega$ (typ.) for $V_{DD} - V_{EE} = 15V$
- WIDE RANGE OF DIGITAL AND ANALOG SIGNAL LEVELS : DIGITAL 3 TO 20V, ANALOG TO 20V p.p.
- 5V, 10V, AND 15V PARAMETRIC RATINGS
- INPUT CURRENT OF 100mA AT 18V AND 25°C FOR HCC DEVICE
- 100% TESTED FOR QUIESCENT CURRENT
- MEETS ALL REQUIREMENTS OF JEDEC TENTATIVE STANDARD N° 13A, "STANDARD SPECIFICATIONS FOR DESCRIPTION OF "B" SERIES CMOS DEVICES"



DESCRIPTION

The **HCC 4051B, 4052B** and **4053B** (extended temperature range) and **HCF4051B, 4052B** and **4053B** (intermediate temperature range) are monolithic integrated circuits, available in 16-lead dual in-line plastic or ceramic package and plastic micropackage. **HCC/HCF4051B, HCC/HCF4052B,** and **HCC/HCF4053B** analog multiplexers/demultiplexers are digitally controlled analog switches having low ON impedance and very low OFF leakage

PIN CONNECTIONS



HCC/HCF4051B/52B/53B

current. These multiplexer circuits dissipate extremely low quiescent power over the full $V_{DD} - V_{SS}$ and $V_{DD} - V_{EE}$ supply-voltage ranges, independent of the logic state of the control signals. When a logic "1" is present at the inhibit input all channels are off. The **HCC/HCF4051B** is a single 8-channel multiplexer having three binary control inputs, A, B, and C, and an inhibit input. The three binary signals select 1 of 8 channels to be turned on, and connect one of the 8 inputs to the output. The **HCC/HCF4052B** is a differential 4-channel multi-

plexer having two binary control inputs, A and B, and an inhibit input. The two binary input signals select 1 of 4 pairs of channels to be turned on and connect the analog inputs to the outputs. The **HCC/HCF4053B** is a triple 2-channel multiplexer having three separate digital control inputs, A, B, and C, and an inhibit input. Each control input selects one of a pair of channels which are connected in a singlepole double-throw configuration.

FUNCTIONAL DIAGRAMS AND TRUTH TABLES

4051B

B-14411

Input States				"On" Channel (S)
Inhibit	C	B	A	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	X	X	X	None

5-2299

ALL INPUTS ARE PROTECTED BY COS/MOS PROTECTION NETWORK

4052B

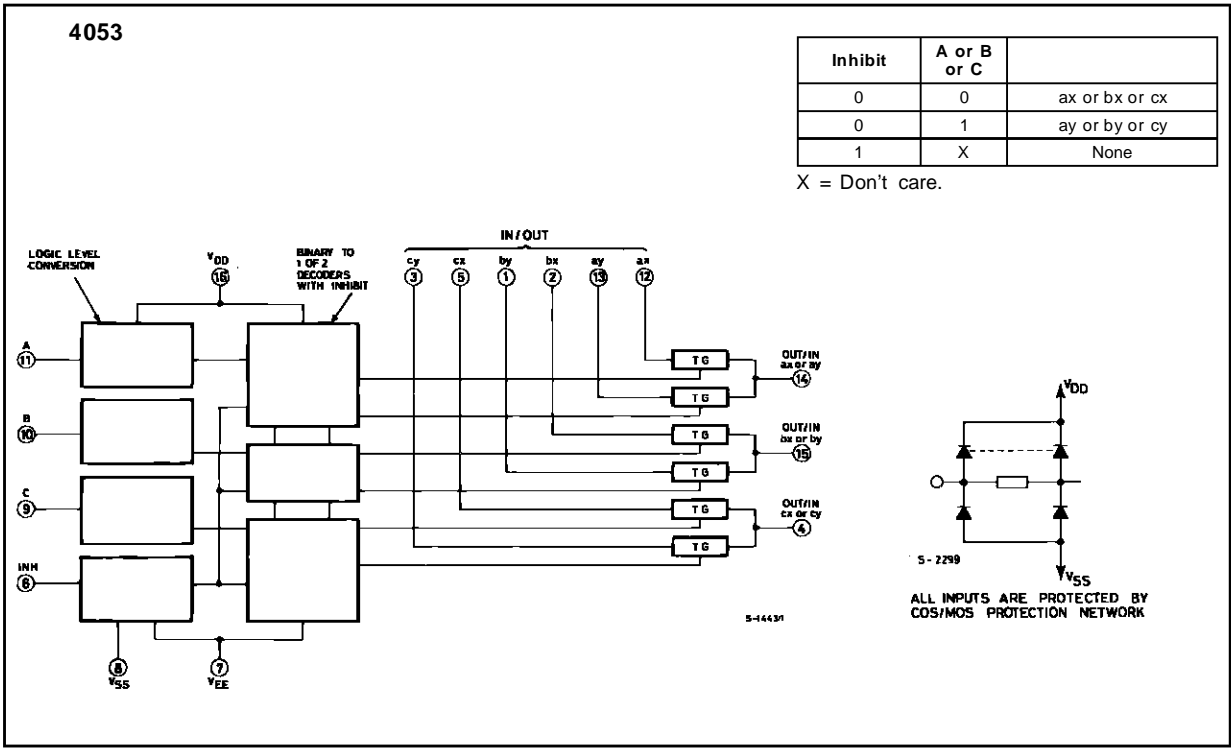
S-144421

Inhibit	B	A	
0	0	0	0x, 0y
0	0	1	1x, 1y
0	1	0	2x, 2y
0	1	1	3x, 3y
1	X	X	None

5-2299

ALL INPUTS ARE PROTECTED BY COS/MOS PROTECTION NETWORK

FUNCTIONAL DIAGRAMS AND TRUTH TABLES (continued)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}^*	Supply Voltage :HCC Types HCF Types	- 0.5 to + 20 - 0.5 to + 18	V V
V_i	Input Voltage	- 0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_i	DC Input Current (any one input)	± 10	mA
P_{tot}	Total Power Dissipation (per package) Dissipation per Output Transistor for $T_{op} =$ Full Package-temperature Range	200 100	mW mW
T_{op}	Operating Temperature :HCC Types HCF Types	- 55 to + 125 - 40 to + 85	$^{\circ}C$ $^{\circ}C$
T_{stg}	Storage Temperature	- 65 to + 150	$^{\circ}C$

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for external periods may affect device reliability.

* All voltage values are referred to V_{SS} pin voltage.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	Supply Voltage :HCC Types HCF Types	3 to 18 3 to 15	V V
V_i	Input Voltage	0 to V_{DD}	V
T_{op}	Operating Temperature :HCC Types HCF Types	- 55 to + 125 - 40 to + 85	$^{\circ}C$ $^{\circ}C$

HCC/HCF4051B/52B/53B

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (over recommended operating conditions)

Symbol	Parameter		Test Conditions				Value						Unit					
			V _{IS} (V)	V _{EE} (V)	V _{SS} (V)	V _{DD} (V)	T _{Low} *		25 °C			T _{High} *						
							Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.		Max.				
I _L	Quiescent Device Current	HCC Types				5	5	0.04	5	0.04	5	150	μA					
						10	10	0.04	10	300								
						15	20	0.04	20	600								
						20	100	0.08	100	3000								
		HCF Types				5	20	0.04	20	150								
						10	40	0.04	40	300								
			15	80	0.04	80	600											
SWITCH																		
ON	Resistance	HCC Types	0 ≤ V _I ≤ V _{DD}	0	0	5	880	470	1050	1200	Ω							
						10	310	180	400	580								
						15	220	125	280	400								
		HCF Types				5	880	470	1050	1200								
						10	330	180	400	520								
						15	230	125	280	360								
ΔON	Resistance ΔR _{ON} (between any 2 channels)		0	0	5		10			Ω								
					10		10											
					15		5											
OFF (●) Channel Leakage Current	Any Channel OFF	HCC Types	0	0	18	100	± 0.1	100	1000	nA								
	All Channels OFF (common OUT/IN)	HCC Types									0	0	18	100	± 0.1	100	1000	nA
	Any Channel OFF	HCF Types									0	0	15	300	± 0.1	300	1000	nA
	All Channels OFF (common OUT/IN)	HCF Types									0	0	15	300	± 0.1	300	1000	nA
C Capacitance	Input							5		pF								
	Output 4051							30										
	Output 4052							18										
	Output 4053		- 5	- 5	5			9										
	Feedthrough							0.2										
CONTROL (Address or Inhibit)																		
V _{IL}	Input Low Voltage		= V _{DD} Thru 1KΩ	V _{EE} = V _{SS} R _L = 1KΩ to V _{SS} I _{IS} < 2μA (on all off channels)	5	1.5		1.5	1.5	V								
					10	3		3	3									
					15	4		4	4									
V _{IH}	Input High Voltage				5	3.5	3.5		3.5	V								
					10	7	7		7									
					15	11	11		11									
I _{IH} , I _{IL}	Input Leakage Current	HCC Types	V _I = 0/18V		18	± 0.1	±10 ⁻³	± 0.1	± 1	μA								
		HCF Types									V _I = 0/15V	15	± 0.3	±10 ⁻³	± 0.3	± 1		
C _I	Input Capacitance		Any Address or Inhibit Input					5	7.5	pF								


(●) Determined by minimum feasible leakage measurement for automatic testing.

(*) T_{Low} = - 55°C for HCC device : - 40°C for HCF device.

(*) T_{High} = + 125°C for HCC device : + 85°C for HCF device.

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($T_{amb} = 25^{\circ}C$, $C_L = 50pF$ all input square wave rise and fall time = 20ns)

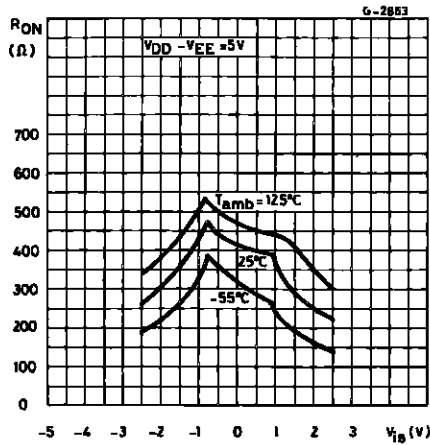
Parameter	Test Conditions						Value		Unit					
	V_{EE} (V)	R_L (k Ω)	f_i (kHz)	V_{IS} (V)	V_{SS} (V)	V_{DD} (V)	Typ.	Max.						
SWITCH														
t_{pd} Propagation Delay Time (signal input to output)		200		10 V 		5		30	30	ns				
						10		15	60					
						15		11	20					
Frequency Response Channel "ON" (sine wave input) at $20 \text{ Log } \frac{V_o}{V_i} = -3\text{dB}$	$= V_{SS}$	1		5 (●)		10	V_o at Common OUT/IN	4053B	30	MHz				
								4052B	25					
								4051B	20					
							V_o at any Channel	60						
Feedthrough (all channels OFF) at $20 \text{ Log } \frac{V_o}{V_i} = -40\text{dB}$	$= V_{SS}$	1		5 (●)		10	V_o at Common OUT/IN	4053	8	MHz				
								4052	10					
								4051	12					
							V_o at any Channel	8						
Frequency Signal Crosstalk at $20 \text{ Log } \frac{V_o}{V_i} = -40\text{dB}$	$= V_{SS}$	1		5 (●)		10	Between any 2 Channels		3	MHz				
							Between Sections 4052B only	measured on common	6					
								measured on any channel	10					
							Between any 2 Sections 4053B only	in Pin 2 out Pin 14	2.5		MHz			
in Pin 15 out Pin 14	6													
Sine Wave Distortion $f_{is} = 1\text{kHz}$ Sine Wave	$= V_{SS}$	10	1	2 (●)		5			0.3	%				
							10	1	3 (●)		10			0.2
												10	1	5 (●)
CONTROL (Address or Inhibit)														
Propagation Delay Time : Address-to Signal OUT Channels ON or OFF	0					0	5			360	720	ns		
										160	320			
										120	240			
										225	450			
Propagation Delay Time : Inhibit to Signal OUT (channel turning ON)	0	10				0	5			360	720	ns		
										160	320			
										120	240			
										200	400			
Propagation Delay Time : Inhibit to Signal OUT (channel turning OFF)	0	0.3					5			200	450	ns		
										90	210			
										70	160			
										130	300			
Address or Inhibit to Signal Crosstalk	0	10*				0	10	$V_C = V_{DD} - V_{SS}$ (square wave)		65		mV peak		

(●) Peak to peak voltage symmetrical about $\frac{V_{DD}-V_{EE}}{2}$

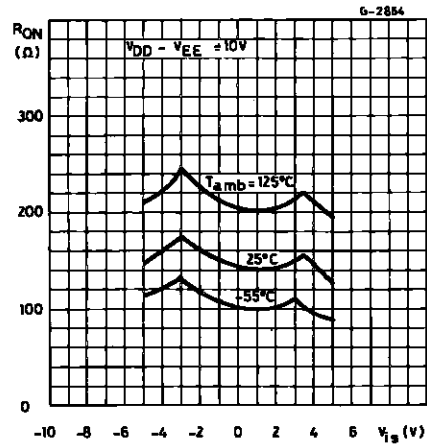
(*) Both ends of channel.

HCC/HCF4051B/52B/53B

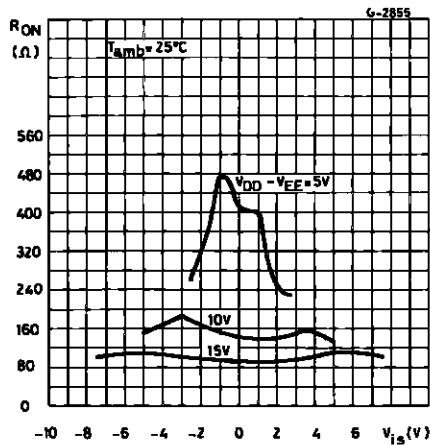
Typical Channel ON Resistance vs. Input Signal Voltage (all types).



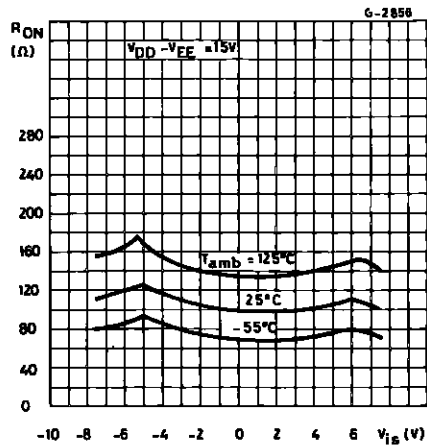
Typical Channel ON Resistance vs. Input Signal Voltage (all types).



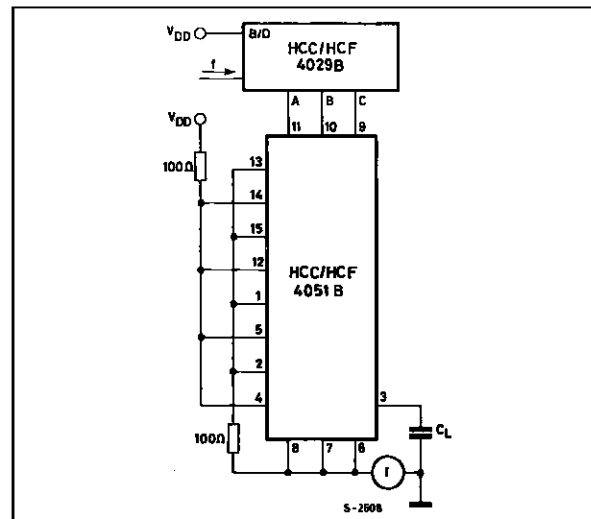
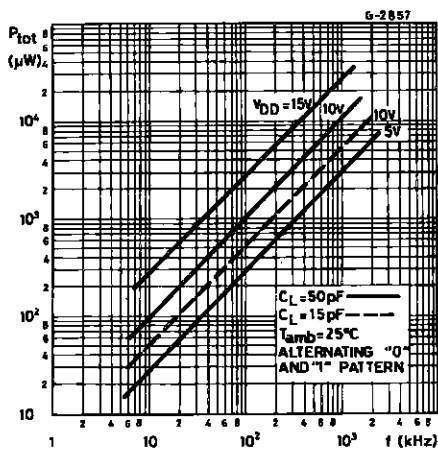
Typical Channel ON Resistance vs. Input Signal Voltage (all types).



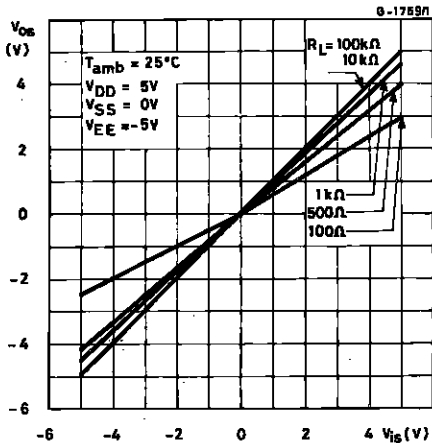
Typical Channel ON Resistance vs. Input Signal Voltage (all types).



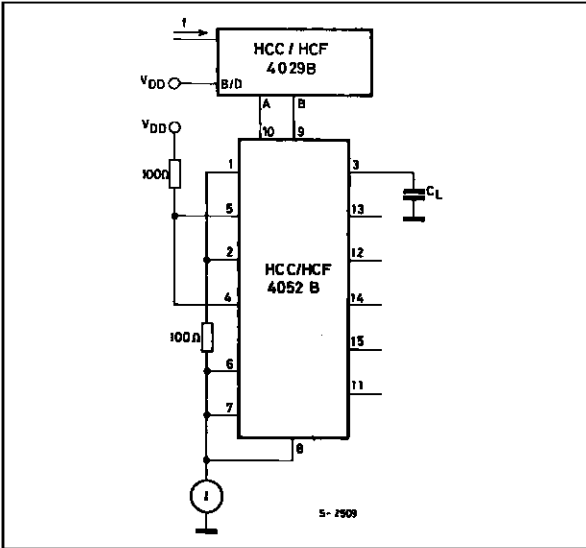
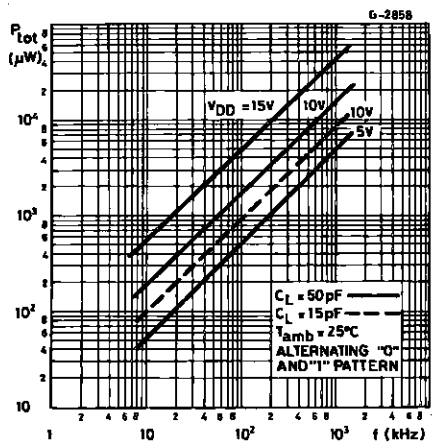
Typical Dynamic Power Dissipation/Package vs. Switching Frequency and Test Circuit (4051B).



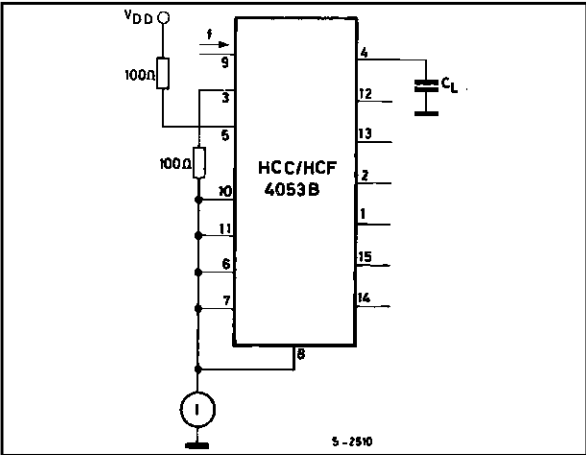
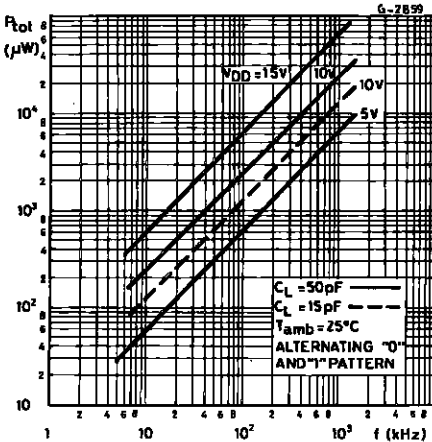
Typical ON Characteristics for 1 of 8 Channels (4051B).



Typical Dynamic Power Dissipation/Package vs. Switching Frequency and Test Circuit (4052B).

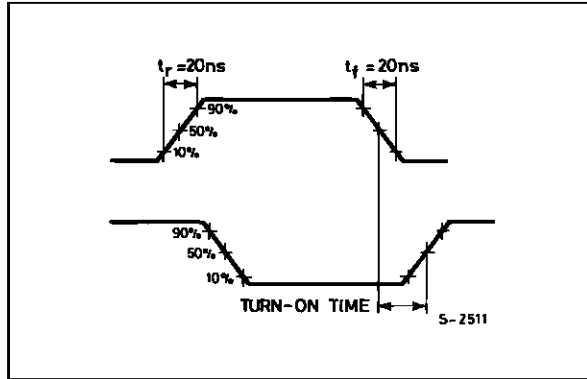


Typical Dynamic Power Dissipation/Package vs. Switching Frequency and Test Circuit (4053B).

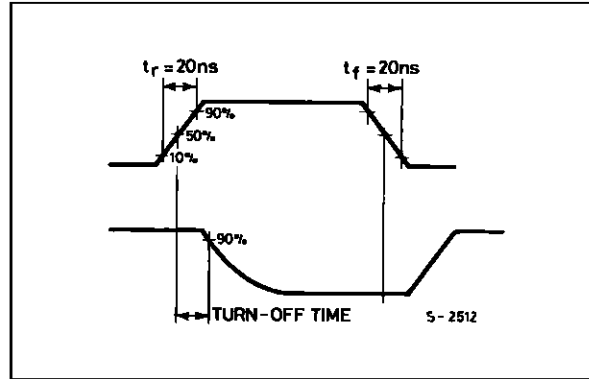


WAVEFORMS

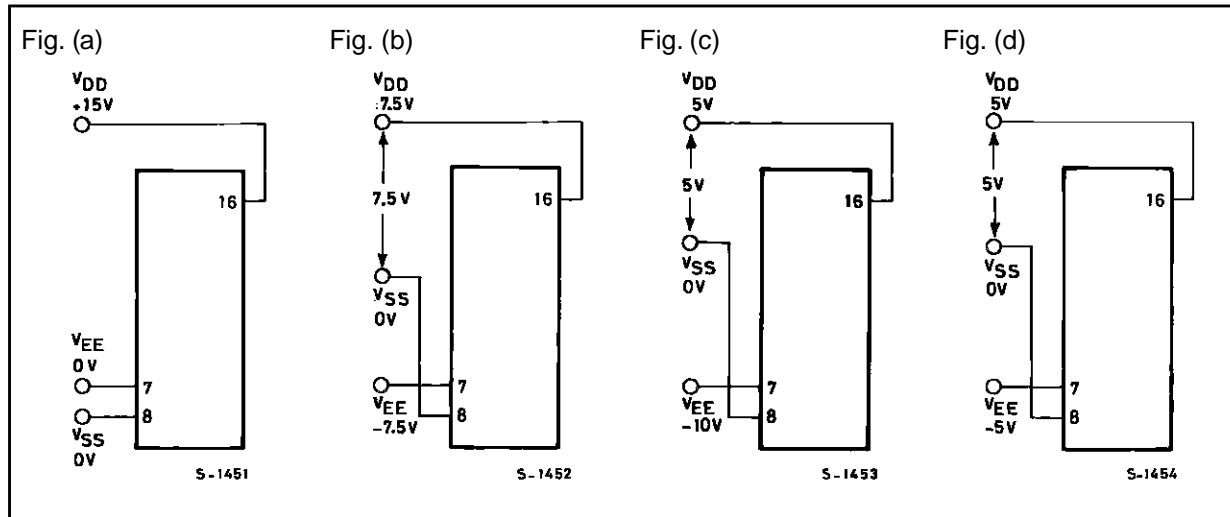
Channel Being Turned ON ($R_L = 10K\Omega$).



Channel Being Turned OFF ($R_L = 300K\Omega$).



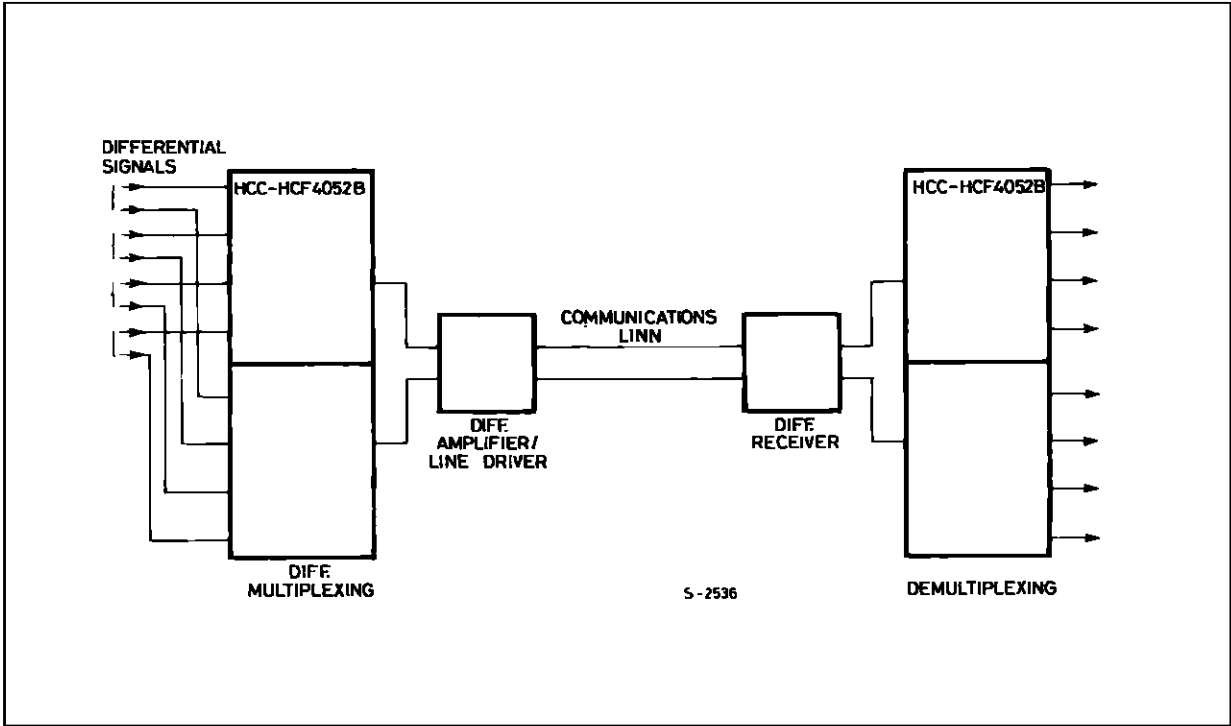
TYPICAL BIAS VOLTAGES



The ADDRESS (digital-control inputs) and INHIBIT logic levels are : "0"= V_{SS} and "1"= V_{DD} . The analog signal (through the TG) may swing from V_{EE} to V_{DD} .

TYPICAL APPLICATIONS

TYPICAL TIME-DIVISION APPLICATION OF THE 4052B



SPECIAL CONSIDERATIONS

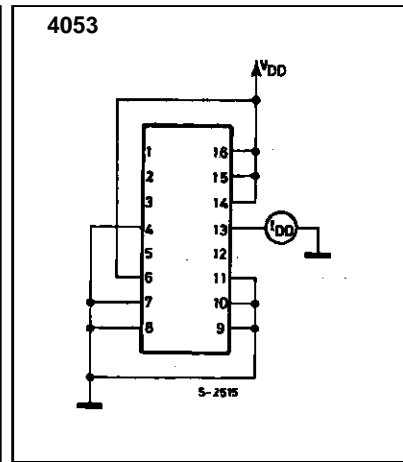
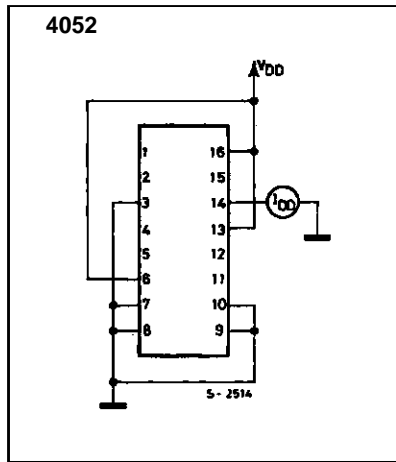
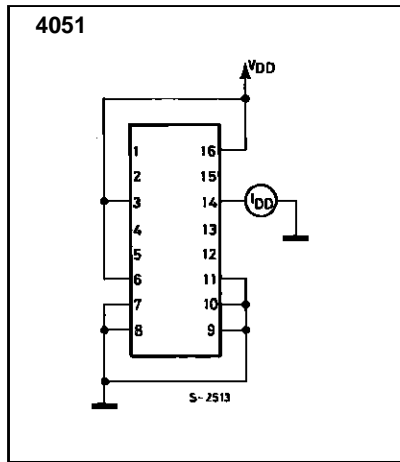
Control of analog signals up to 20V peak-to-peak can be achieved by digital signal amplitudes of 4.5 to 20V (if $V_{DD} - V_{SS} = 3V$, a $V_{DD} - V_{EE}$ of up to 13V can be controlled ; for $V_{DD} - V_{EE}$ level differences above 13V, a $V_{DD} - V_{SS}$ of at least 4.5V is required). For example, if $V_{DD} = +5V$, $V_{SS} = 0$, and $V_{EE} = -13.5V$, analog signals from $-13.5V$ to $+4.5V$ can be controlled by digital inputs of 0 to 4.5V. In certain applications, the external load-resistor current may include both V_{DD} and signal-line components. To

avoid drawing V_{DD} current when switch current flows into the transmission gate inputs, the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0,8 volt (valvulated from R_{ON} values shown in ELECTRICAL CHARACTERISTICS CHART). No V_{DD} current will flow through R_L if the switch current flows into lead 3 on the **HCC/HCF4051** ; leads 3 and 13 on the **HCC/HCF4052** ; leads 4, 14, and 15 on the **HCC/HCF4053**.

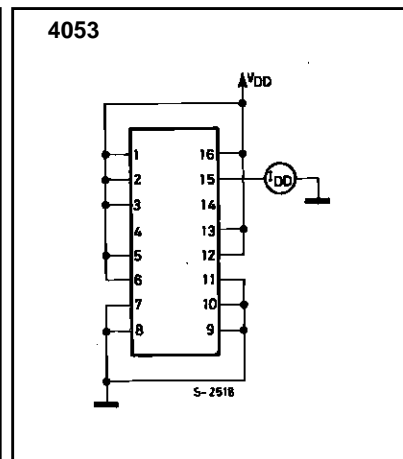
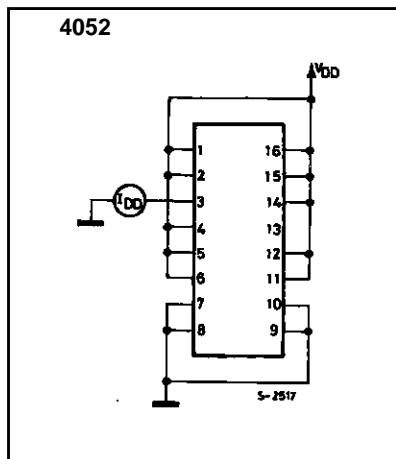
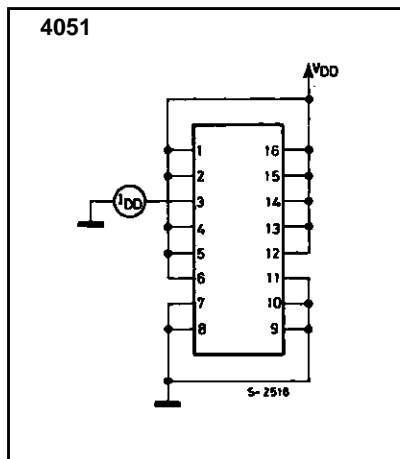
HCC/HCF4051B/52B/53B

TEST CIRCUITS

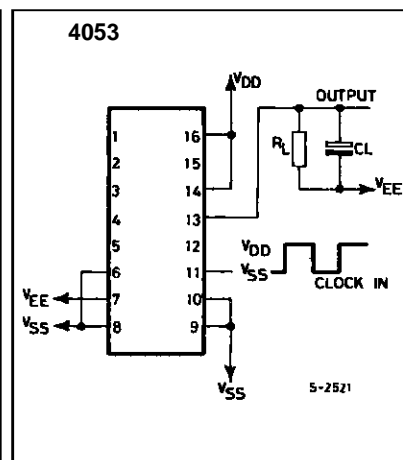
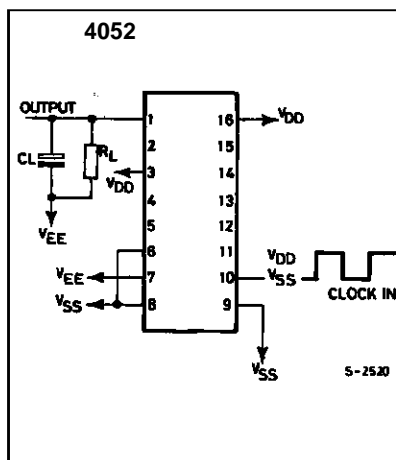
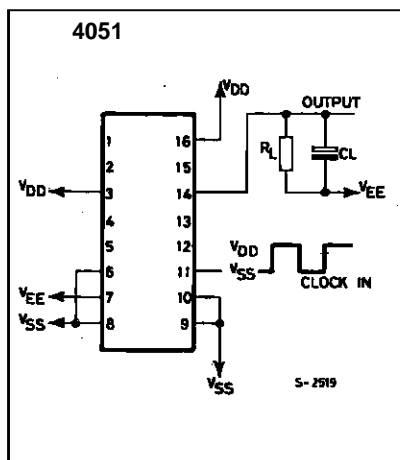
Off Channel Leakage Current-any Channel OFF.



Off Channel Leakage Current-all Channel OFF.

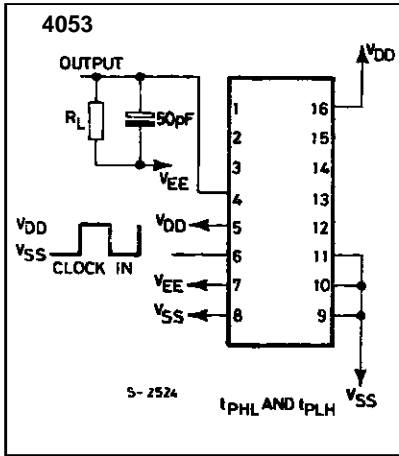
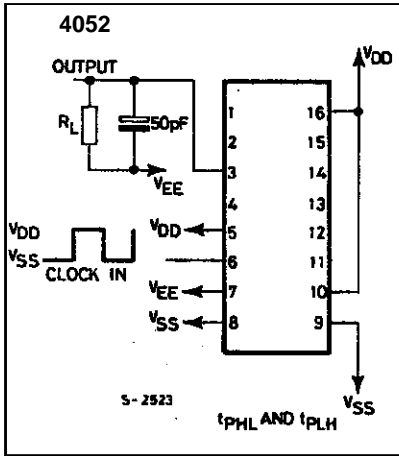
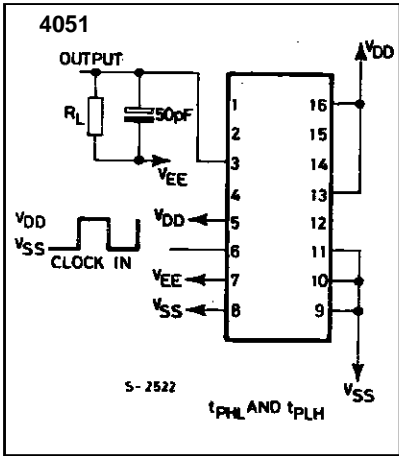


Propagation Delay-adress Input to Signal Output.

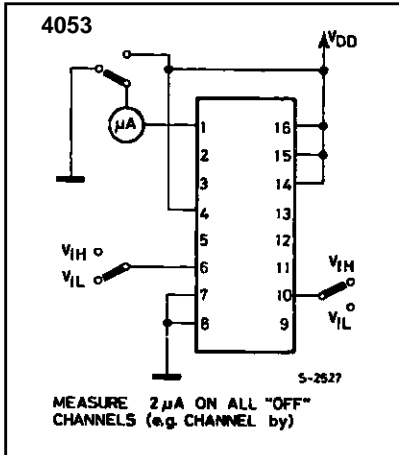
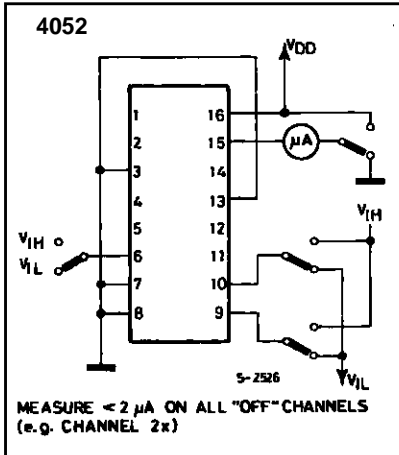
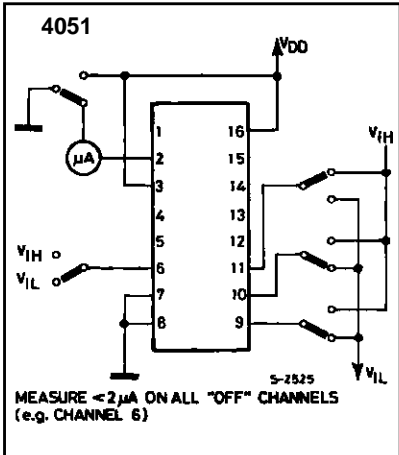


TEST CIRCUITS (continued)

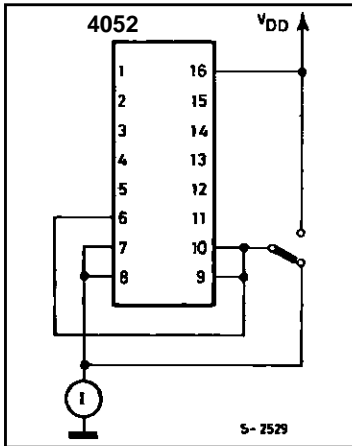
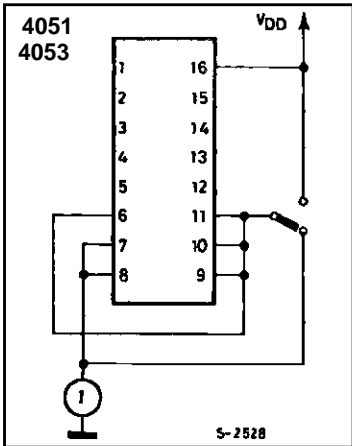
Propagation Delay-Inhibit Input to Signal Output.



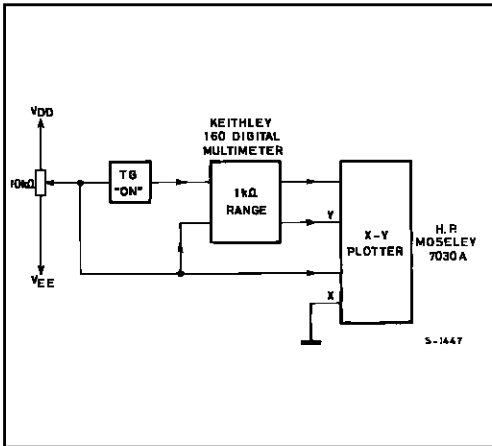
Input Voltage.



Quiescent Device Current.

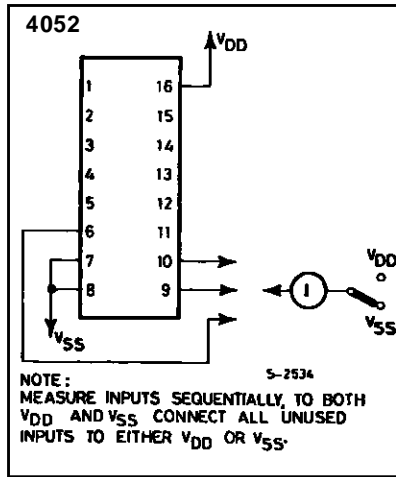
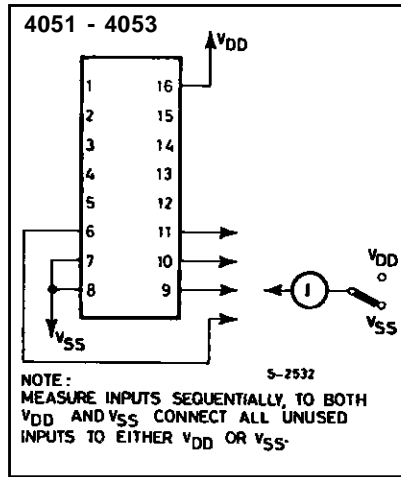


Channel ON Resistance Measurement Circuit.

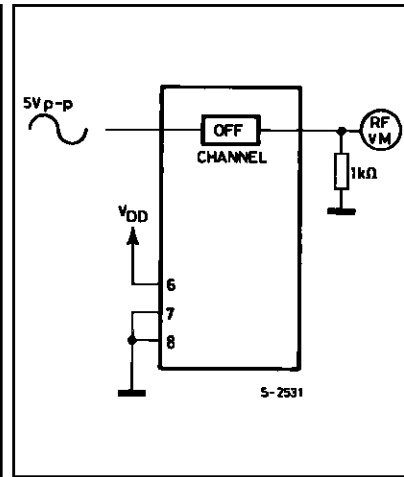


TEST CIRCUITS (continued)

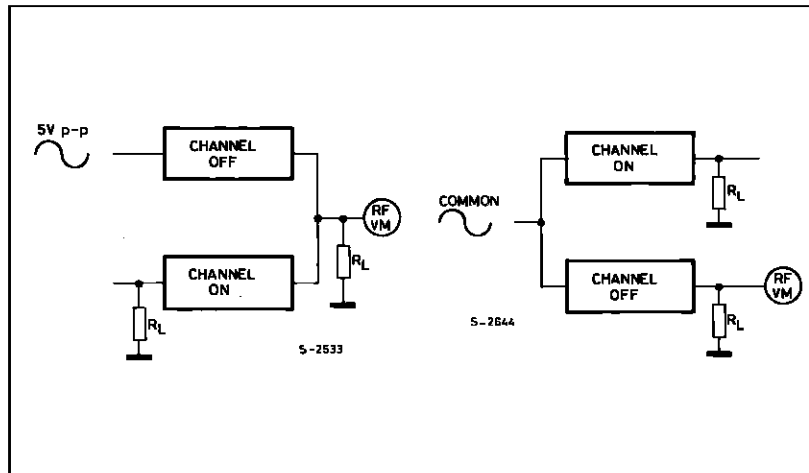
Input Current.



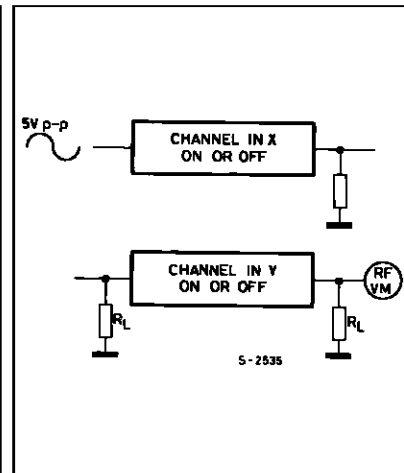
Feedthrough (All Types).



Crosstalk Between any two Channels (All Types).

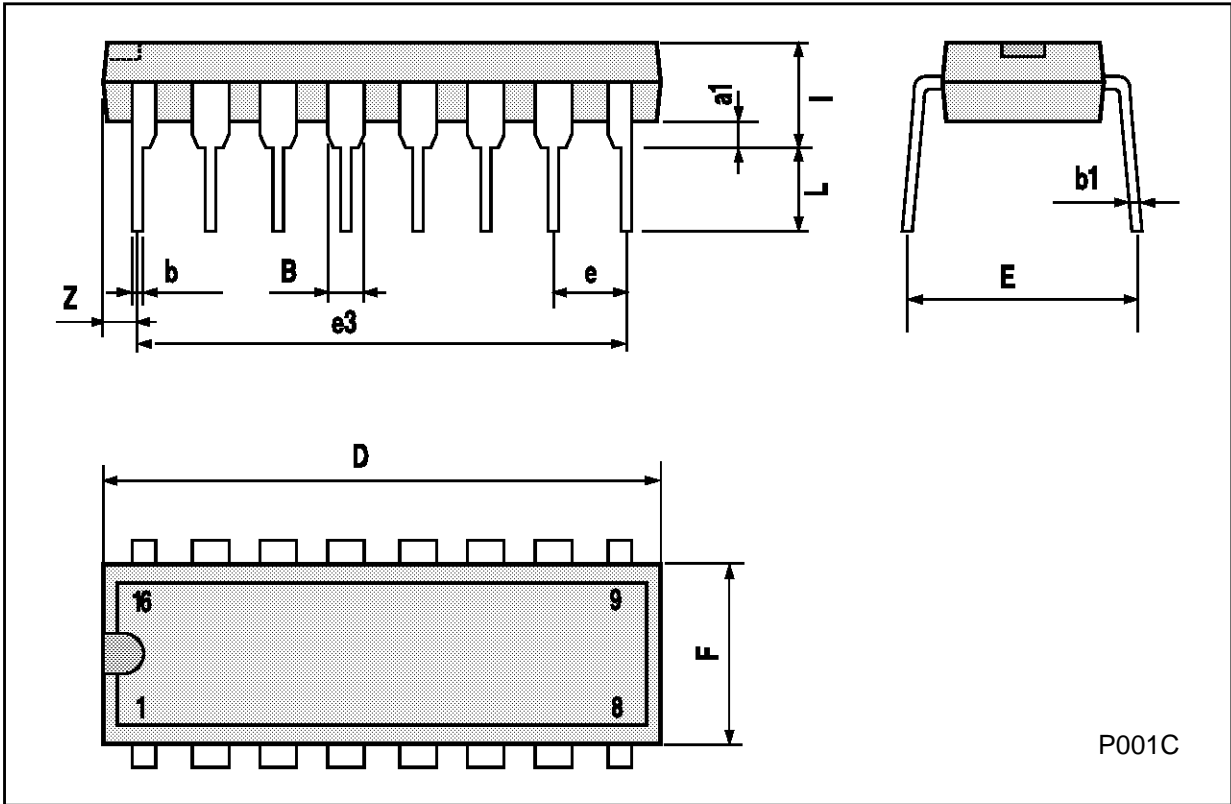


Crosstalk Between Duals or Triplets (4052-4053).



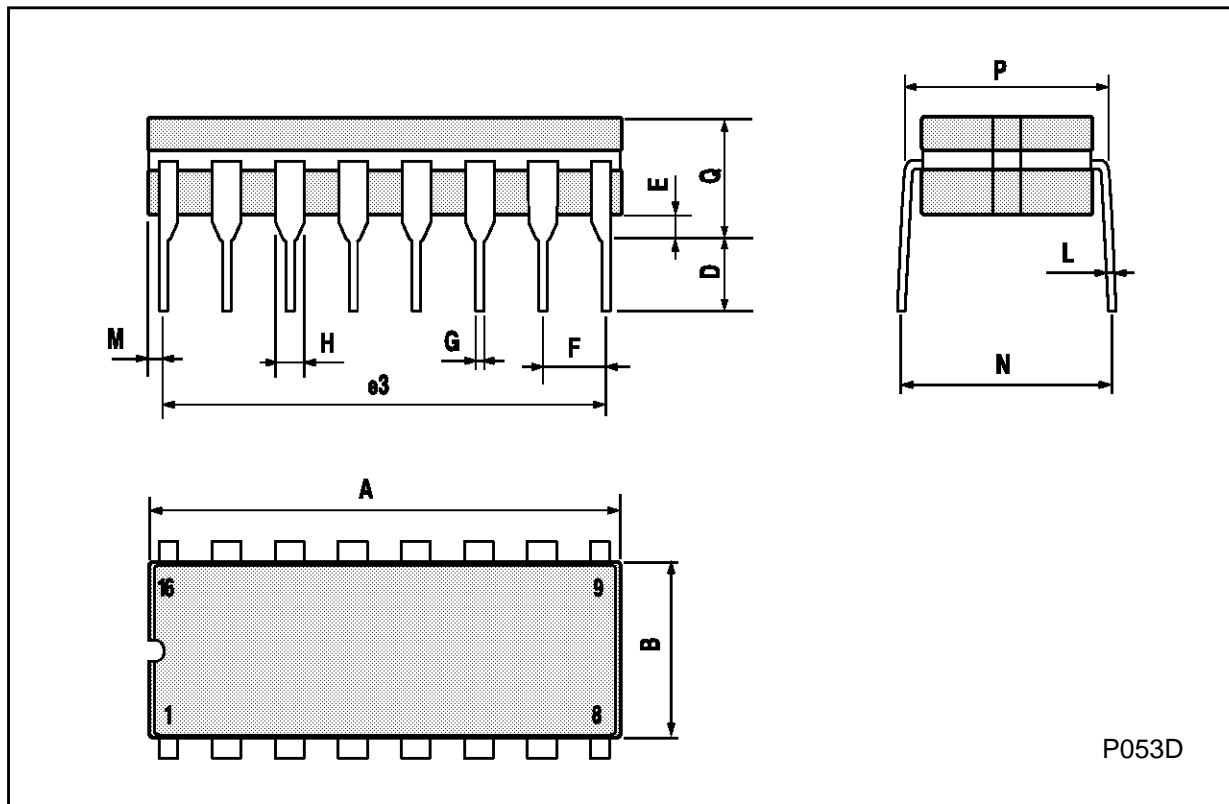
Plastic DIP16 (0.25) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050



Ceramic DIP16/1 MECHANICAL DATA

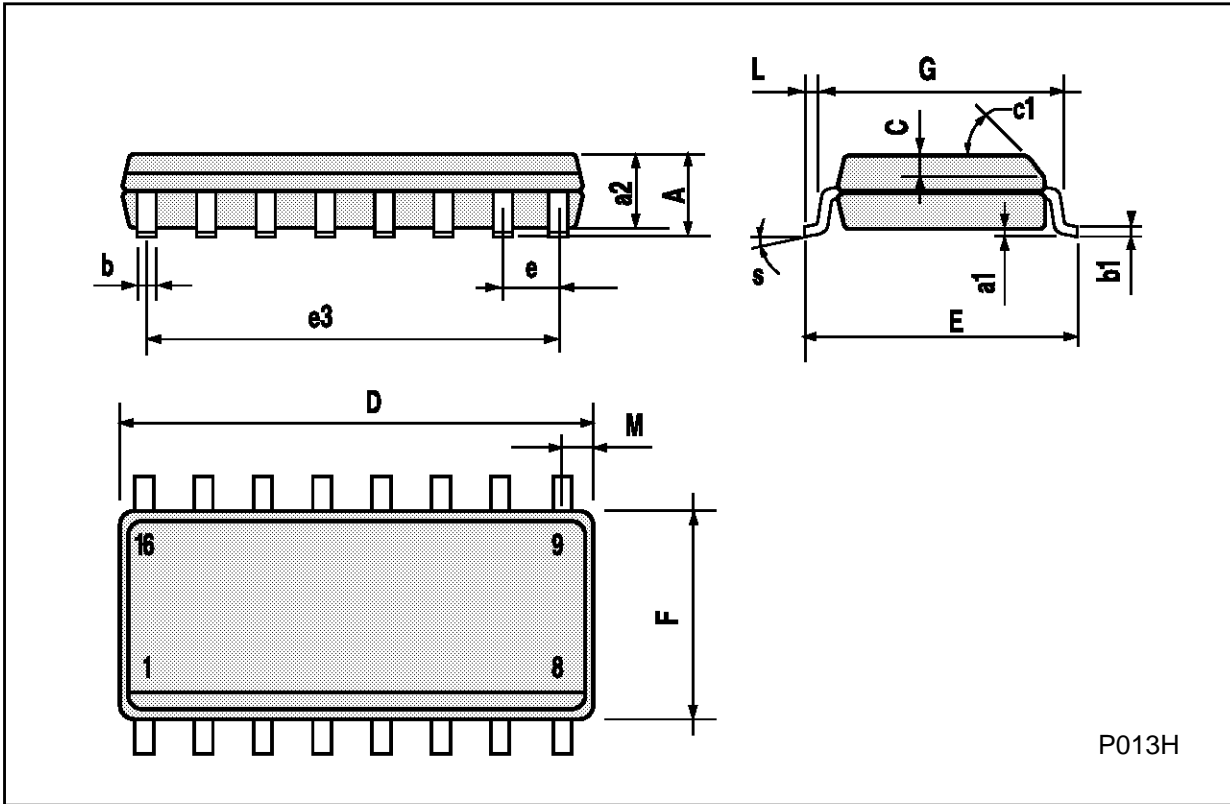
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			20			0.787
B			7			0.276
D		3.3			0.130	
E	0.38			0.015		
e3		17.78			0.700	
F	2.29		2.79	0.090		0.110
G	0.4		0.55	0.016		0.022
H	1.17		1.52	0.046		0.060
L	0.22		0.31	0.009		0.012
M	0.51		1.27	0.020		0.050
N			10.3			0.406
P	7.8		8.05	0.307		0.317
Q			5.08			0.200



P053D

SO16 (Narrow) MECHANICAL DATA

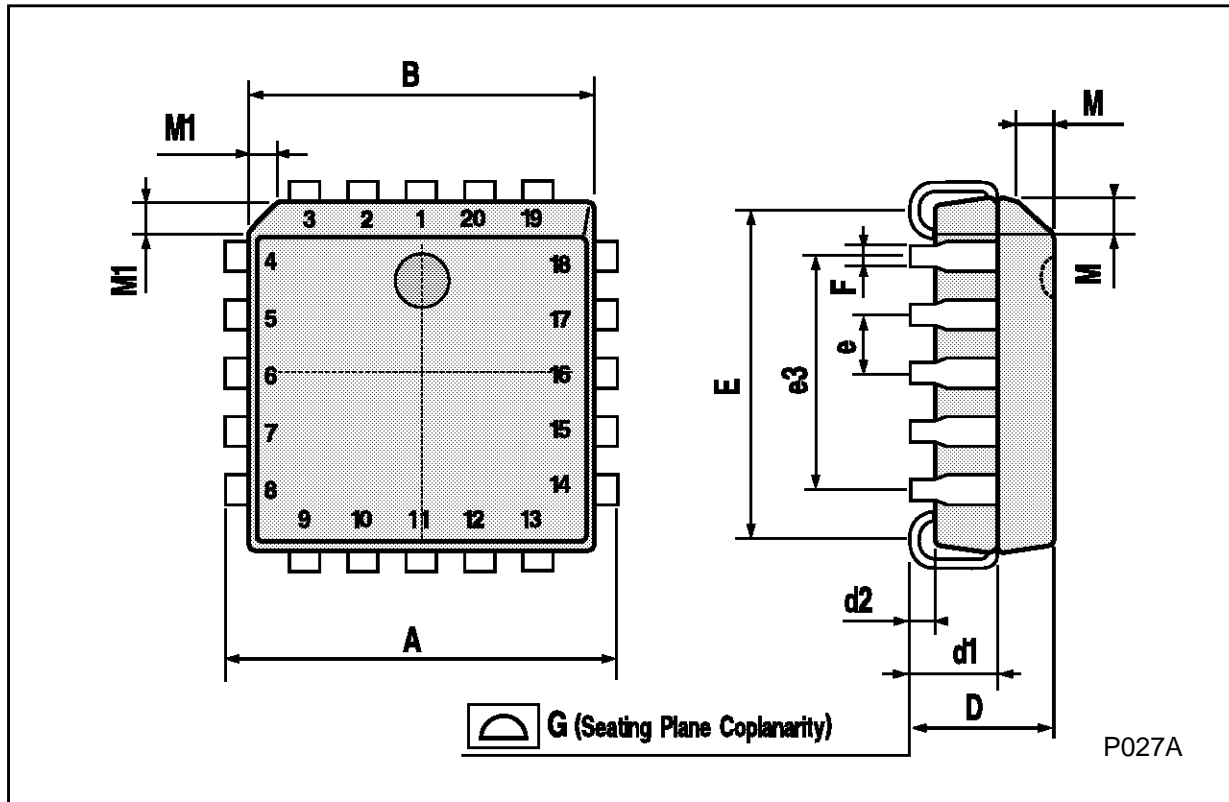
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.068
a1	0.1		0.2	0.004		0.007
a2			1.65			0.064
b	0.35		0.46	0.013		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.019	
c1	45° (typ.)					
D	9.8		10	0.385		0.393
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F	3.8		4.0	0.149		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.208
L	0.5		1.27	0.019		0.050
M			0.62			0.024
S	8° (max.)					



P013H

PLCC20 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	9.78		10.03	0.385		0.395
B	8.89		9.04	0.350		0.356
D	4.2		4.57	0.165		0.180
d1		2.54			0.100	
d2		0.56			0.022	
E	7.37		8.38	0.290		0.330
e		1.27			0.050	
e3		5.08			0.200	
F		0.38			0.015	
G			0.101			0.004
M		1.27			0.050	
M1		1.14			0.045	



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1994 SGS-THOMSON Microelectronics - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands -
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A