



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

204196  
(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 03 K 5/01

(22) Přihlášeno 01 03 78

(21) (PV 1307-78)

(40) Zveřejněno 31 07 80

(45) Vydáno 15 12 83

(75)

Autor vynálezu

ŠTEFL JIŘÍ ing., BRNO

## (54) Tvarovací obvod s definovanou hysterezí

### 1

Vynález se týká tvarovacího obvodu s definovanou hysterezí, vhodného pro pulsní regulační obvody nebo jako tvarovač vstupních signálů pro integrované obvody TTL.

V pulsních regulačních obvodech je nutné rozlišovat dvě diskrétní napěťové úrovně, odpovídající maximální a minimální hodnotě regulované veličiny. Pro uvedený účel jsou v případech, kdy je požadována menší přesnost rozlišení, používány klasické Schmittovy klopné obvody, v případech větší požadované přesnosti jsou používána zapojení s operačními zesilovači. Nevýhodou Schmittových klopných obvodů je závislost překlápěcích úrovní na napájecím napětí a tolerancích součástí. Zapojení s operačními zesilovači vyžadují složité napájení a jsou pomalá. Jsou-li uvedené zapojení použita jako tvarovače signálů pro logické integrované obvody TTL, vznikají problémy s převodem úrovní výstupních signálů tvarovačů na úroveň vhodnou pro integrované obvody TTL.

Uvedené nevýhody odstraňuje zapojení tvarovacího obvodu s definovanou hysterezí podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že emitor prvního tranzistoru typu NPN je spojen s bází pátého tranzistoru typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem a s kolektorem čtvrtého tranzistoru typu

### 2

NPN v zapojení s uzemněným emitorem, přičemž kolektor čtvrtého tranzistoru typu NPN je připojen přes šestý odpor na zdroj napájecího napětí, na nějž je současně připojen pátý odpor, spojený druhým koncem s bází čtvrtého tranzistoru typu NPN a s kolektorem třetího tranzistoru typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem, jehož báze je přes čtvrtý odpor spojena se zemí, přičemž báze třetího tranzistoru je též spojena s emitorem druhého tranzistoru typu NPN, jehož kolektor je přes třetí odpor spojen se zdrojem napájecího napětí, na nějž je též připojen druhý odpor, spojený druhým koncem s bází druhého tranzistoru typu NPN a s kolektorem prvního tranzistoru typu NPN, jehož báze je přes první odpor spojena se vstupem obvodu, přičemž výstup obvodu je tvořen kolektorem pátého tranzistoru typu NPN, připojeným přes sedmý odpor na zdroj napájecího napětí.

Výhodou popisovaného obvodu je definovaná úroveň spínacího napětí, definovaná velikost hystereze spínání, nezávislost úrovně spínacího napětí a hystereze na napájecím napětí. Zapojení má krátké spínací časy, výstup lze přímo navázat na integrované obvody TTL. Popisovaný obvod potřebuje pouze jedno napájecí napětí, které se může měnit ve velkém rozsahu bez vlivu na funkci obvodu.

Zapojení tvarovacího obvodu s definovanou hysterezí, převodní charakteristika obvodu a příklad použití jsou uvedeny na následujících obrázcích, kde znamená

obr. 1 — základní zapojení tvarovacího obvodu,

obr. 2 — charakteristiku tvarovacího obvodu,

obr. 3 — příklad použití tvarovacího obvodu

Základní zapojení tvarovacího obvodu s definovanou hysterezí je uvedeno na obr. 1 a je popsáno dále.

Vstupní signál je ze vstupu **I** obvodu přiváděn přes první odpor **R1** na bázi prvního tranzistoru **T1** typu NPN, jehož emitor je spojen s bází pátého tranzistoru **T5** typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem. Kolektor prvního tranzistoru **T1** typu NPN je spojen s báží druhého tranzistoru **T2** typu NPN a současně je přes druhý odpor **R2** připojen na zdroj napájecího napětí  $+UB$ . Kolektor druhého tranzistoru **T2** typu NPN je přes třetí odpor **R3** připojen na zdroj napájecího napětí  $+UB$ .

Emitor druhého tranzistoru **T2** typu NPN je přes čtvrtý odpor **R4** spojen se zemí a současně je spojen s báží třetího tranzistoru **T3** typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem. Kolektor třetího tranzistoru **T3** typu NPN je přes pátý odpor **R5** připojen na zdroj napájecího napětí  $+UB$  a je současně spojen s báží čtvrtého tranzistoru **T4** typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem. Kolektor čtvrtého tranzistoru **T4** typu NPN je přes šestý odpor **R6** připojen na zdroj napájecího napětí  $+UB$  a současně je spojen s báží pátého tranzistoru **T5** typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem, jehož kolektor, připojený přes sedmý odpor **R7** na zdroj napájecího napětí  $+UB$  tvoří výstup **O** tvarovacího obvodu s definovanou hysterezí.

Funkce tvarovacího obvodu podle obr. 1 je popsána dále a je znázorněna pomocí převodní charakteristiky, uvedené na obr. 2.

Je-li na vstupu **I** tvarovacího obvodu vstupní napětí  $U_i$  nulové, pak první tranzistor **T1** typu NPN je uzavřen a proudem tekoucím přes druhý odpor **R2** ze zdroje napájecího napětí  $+UB$  je vybuzen druhý tranzistor **T2** typu NPN. Kolektorový proud druhého tranzistoru **T2** je omezen třetím odporem **R3**. Emitorový proud druhého tranzistoru **T2** se dělí mezi čtvrtý odpor **R4** a bázi třetího tranzistoru **T3** typu NPN. Proudem tekoucím do báze je třetí tranzistor **T3** vybuzen do saturace a přebírá všechny proud tekoucí ze zdroje napájecího napětí  $+UB$  přes pátý odpor **R5**. Čtvrtý tranzistor **T4** typu NPN je tedy uzavřen a proud tekoucí šestým odporem **R6** ze zdroje napájecího napětí  $+UB$  budí do saturace pátý tranzistor **T5** typu NPN.

Na výstupu **O** tvarovacího obvodu je tedy výstup  $U_o$  blízké nule. Napětí báze—emitor

pátého tranzistoru **T5** je současně předpětím pro emitor prvního tranzistoru **T1**. Vyrůstá-li napětí  $U_i$  na vstupu **I** popisovaného obvodu, pak výstupní napětí  $U_o$  se nemění až do okamžiku, v němž dosáhne vstupní napětí  $U_i$  hodnoty dané součtem napětí báze—emitor pátého tranzistoru **T5** a napětí báze—emitor prvního tranzistoru **T1**, odpovídajícího počátku otevírání prvního tranzistoru **T1**. Tento okamžik je na obr. 2, znázorňujícím převodní charakteristiku tvarovacího obvodu s definovanou hysterezí, označen jako horní úroveň klópení  $2U_D$ . Při překročení napětí  $2U_D$  se první tranzistor **T1** typu NPN otevírá, proto klesá jeho kolektorové napětí, čímž klesá i emitorový proud druhého tranzistoru **T2**.

Proto klesá i budící proud báze třetího tranzistoru **T3**, kerý se uzavírá. Proudem tekoucím pátým odporem **R5** se budí čtvrtý tranzistor **T4** typu NPN, čímž klesá kolektorové napětí čtvrtého tranzistoru **T4** a současně předpětí emitoru prvního tranzistoru **T1**. Pokles předpětí urychluje otevírání prvního tranzistoru **T1** a takto uzavřená kladná zpětná vazba urychluje překlopení tvarovacího obvodu do druhého stabilního stavu, v němž je první tranzistor **T1** vybuzen do saturace, druhý tranzistor **T2** a třetí tranzistor **T3** jsou uzavřeny, takže čtvrtý tranzistor **T4** je vybuzen do saturace proudem tekoucím pátým odporem **R5** ze zdroje napájecího napětí  $+UB$ . Pátý tranzistor **T5** není vybuzen a na výstupu **O** tvarovacího obvodu má výstupní napětí  $U_o$  hodnotu blízkou hodnotě napětí napájecího zdroje  $+UB$ , nezávisle na dalším zvyšování vstupního napětí  $U_i$ .

Předpětí emitoru prvního tranzistoru **T1** je dáno malým saturačním napětím čtvrtého tranzistoru **T4**. Jestliže začne vstupní napětí  $U_i$  na vstupu **I** tvarovacího obvodu klesat, pak první tranzistor **T1** zůstává otevřen, pokud vstupní napětí  $U_i$  neklesne pod hodnotu danou součtem napětí báze—emitor prvního tranzistoru **T1** a saturačního kolektorového napětí čtvrtého tranzistoru **T4**. V tomto okamžiku se začíná první tranzistor **T1** uzavírat, vzrůstá jeho kolektorové napětí, čímž vzrůstá emitorový proud druhého tranzistoru **T2** a tím i proud báze třetího tranzistoru **T3**, který se otevírá. Následkem toho klesá kolektorové napětí třetího tranzistoru **T3**, čímž se uzavírá čtvrtý tranzistor **T4**. Kolektorové napětí čtvrtého tranzistoru **T4** roste, čímž vzrůstá též předpětí emitoru prvního tranzistoru **T1**, přičemž následkem takto vzniklé kladné zpětné vazby se dále urychluje uzavírání prvního tranzistoru **T1** a přechod celého obvodu do počátečního stavu. Současně se otevírá pátý tranzistor **T5** a napětí na výstupu **O** tvarovacího obvodu klesá na hodnotu saturačního kolektorového napětí pátého tranzistoru **T5**.

Okamžik překlápění je na převodní charakteristice tvarovacího obvodu, uvedené na

obr. 2, označen jako dolní úroveň klopení  $U_D$ . Z popisu činnosti obvodu vyplývá, že hystereze tvarovacího obvodu přibližně odpovídá napětí báze—emitor v propustném směru u použitých tranzistorů. Pro překlopení tvarovacího obvodu do stavu, kdy na výstupu **O** je napětí blízké napětí napájecího zdroje  $+UB$ , je na vstup **I** nutno přivést napětí přibližně dvojnásobné oproti hysterezi popisovaného tvarovacího obvodu.

Příklad použití tvarovacího obvodu s definovanou hysterezi v obvodu pro stabilizaci proudu v zátěži indukčního charakteru je znázorněn na obr. 3. Popis zapojení a jeho funkce jsou uvedeny dále.

Indukčnost **L** s paralelní první diodou **D1** je na straně katody první diody **D1** spojena přes řízený výkonový spínač **3** s kladným pólem zdroje napájecího napětí  $+U$ . Na straně anody první diody **D1** je indukčnost **L** spojena přes obvod snímání proudu **1** se zemí. Výstup **5** obvodu snímání proudu **1** je spojen s anodou druhé diody **D2**, jejíž katoda je spojena se vstupem **I** tvarovacího obvodu s definovanou hysterezi **2** a současně je přes paralelní kombinaci odporu **R11** a kondenzátoru **C1** spojena se zemí. Tvarovací obvod s definovanou hysterezi je napájen z pomocného napájecího zdroje  $+UB$ . Výstup **O** tvarovacího obvodu s definovanou hysterezi **2** je spojen s řídicím vstupem **4** řízeného výkonového spínače **3**.

Obvod snímání proudu **1** vytváří na svém výstupu **5** napětí úměrné proudu, který protéká indukčností **L**. Je-li proud tekoucí indukčností **L** nulový, je na výstupu **5** obvodu snímání proudu **1** nulové napětí, takže i na výstupu **O** tvarovacího obvodu s definovanou hysterezi **2** je nízká úroveň. Tomuto stavu přivedenému na řídicí vstup **4** odpovídá sepnutý stav řízeného výkonového spínače **3**. Na indukčnost **L** je přivedeno plně

napájecí napětí  $+U$  a proud v indukčnosti **L** lineárně vzrůstá. Současně vzrůstá napětí na výstupu **5** obvodu snímání proudu **1**, nabíjející kondenzátor **C1**.

Dosáhne-li napětí na kondenzátoru **C1** hodnoty odpovídající horní úrovni klopení tvarovacího obvodu **2** a tedy proud v indukčnosti **L** odpovídá zvolené maximální hodnotě, překlopí se tvarovací obvod **2** a jeho výstup **O** přejde do stavu vysoké úrovně výstupního napětí. Tím dojde k rozepnutí řízeného výkonového spínače **3** a proud tekoucí indukčností **L** se začne uzavírat přes první diodu **D1**, která slouží jako rekuperační dioda. Protože činné odpory v proudovém okruhu jsou malé, je pokles proudu v indukčnosti **L** pomalý. Napětí na výstupu **5** obvodu snímání proudu **1** klesne na nulu, ale tato změna se přes závěrně polarizovanou druhou diodu **D2** nepřenesou na paralelní kombinaci odporu **R11** a kondenzátoru **C1**.

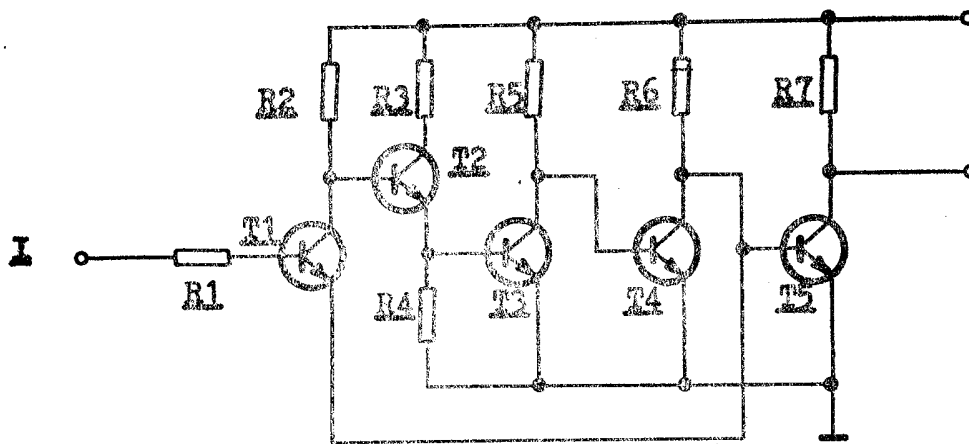
Napětí na kondenzátoru **C1** klesá vlivem vybíjení kondenzátoru **C1** přes odpor **R11**, pokud nedosáhne hodnoty dolní úrovně klopení tvarovacího obvodu s definovanou hysterezi **2**. Tvarovací obvod **2** se překlopí do stavu s nízkou výstupní hladinou na výstupu **O**, tím se sepnou řízený výkonový spínač **3** a proud do indukčnosti **L** začne opět vzrůstat. Doba rozepnutí řízeného výkonového spínače **3** je dána pouze časovou konstantou paralelní kombinace kondenzátoru **C1** a odporu **R11** a protože nárůst proudu v indukčnosti **L** je rychlejší než pokles proudu, určuje časová konstanta paralelní kombinace kondenzátoru **C1** a odporu **R11** v podstatě i opakovací periodu popisovaného děje. Výše popsaným dějem je dosažena stabilizace proudu, který protéká indukčností **L**, při velké energetické účinnosti celého zapojení.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

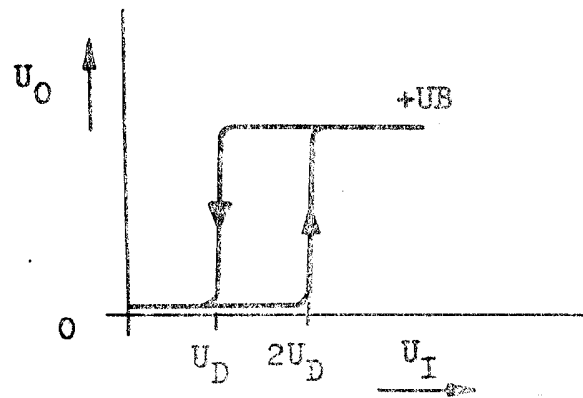
Tvarovací obvod s definovanou hysterezi, vyznačující se tím, že emitor prvního tranzistoru (**T1**) typu NPN je spojen sází páteho tranzistoru (**T5**) typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem a s kolektorem čtvrtého tranzistoru (**T4**) typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem, přičemž kolektor čtvrtého tranzistoru (**T4**) typu NPN je připojen přes šestý odpor (**R6**) na zdroj napájecího napětí ( $+UB$ ), na nějž je současně připojen pátý odpor (**R5**) spojený druhým koncem sází čtvrtého tranzistoru (**T4**) typu NPN a s kolektorem třetího tranzistoru (**T3**) typu NPN v zapojení s uzemněným emitorem, jehož báze je přes čtvrtý odpor (**R4**)

spojena se zemí, přičemž báze třetího tranzistoru (**T3**) je též spojena s emitorem druhého tranzistoru (**T2**) typu NPN, jehož kolektor je přes třetí odpor (**R3**) spojen se zdrojem napájecího napětí ( $+UB$ ), na nějž je též připojen druhý odpor (**R2**), spojený druhým koncem sází druhého tranzistoru (**T2**) typu NPN a s kolektorem prvního tranzistoru (**T1**) typu NPN, jehož báze je přes první odpor (**R1**) spojena se vstupem obvodu (**I**), přičemž výstup obvodu (**O**) je tvořen kolektorem páteho tranzistoru (**T5**) typu NPN, připojeným přes sedmý odpor (**R7**) na zdroj napájecího napětí ( $+UB$ ).

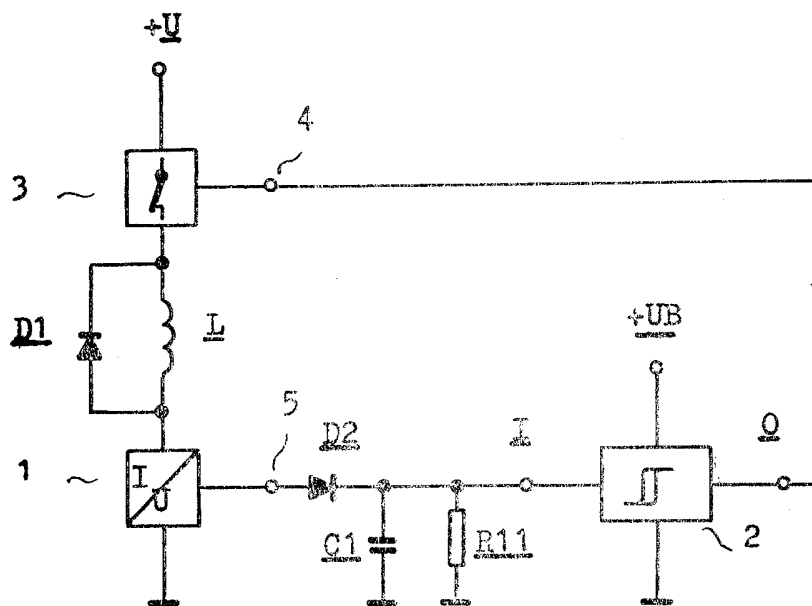
#### 1 list výkresů



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3