

**Задача.** Да се разработи идеен проект на диагностична система за поелементна диагностика на биполярни транзистори тип PNP.

#### **А. Цели и задачи**

Предвижда се:

1. да се избере диагностичен метод
2. да се разработи структурна блокова схема на диагностичната система за поелементна диагностика на биполярни транзистори тип PNP
3. да се синтезира схема на комутатора
4. да се избере схема за функционална проверка на тествания транзистор
5. да се избере схема за определяне на неизправностите на тествания транзистор
6. да се изберат диагностични модели и се попълни на таблицата с неизправностите
7. да се разработи блокова схема на алгоритъма на блока за анализ и управление на диагностичната система за поелементна диагностика на биполярни транзистори

#### **Б. Диагностичен метод**

Диагностичната система за поелементна диагностика на биполярни транзистори е предназначена да проверява работоспособността на монтирани върху печатна платка биполярни транзистори. Механическият контакт с изводите на тествания транзистор се осъществява чрез контактна глава с три штифта – по един за емитерния, базовия и колекторния изводи на транзистора.

Преди започване на изпитанието общата точка на изпитваната схема се свързва с общата точка на диагностичната система със специален проводник. Всички захранващи изводи на тестваната печатна платка се дават накъсо с отделни проводници.

Тестваният транзистор се подлага на функционална проверка чрез измерване на коефициента на усилване по ток в схема ОЕ. Ако транзисторът не издържи теста, се търсят причините за неработоспособността му. Те могат да бъдат: разменени изводи, късо съединение между изводите, прекъснат извод, монтиран транзистор от друг тип. За разпознаване на причината се проверява съпротивлението между всеки два извода на транзистора дали е голямо или малко. Ако след прилагане на напрежение около 1V, между двата извода протича ток по-голям от 5mA приемам, че съпротивлението между двата извода е малко и обратно ако протича ток по-малък от 5mA - съпротивлението е голямо. Извършват се две проверки - при „право” и



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре  
целия живот и развитие на компетенции”**

*Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз*

***Инвестира във вашето бъдеще!***

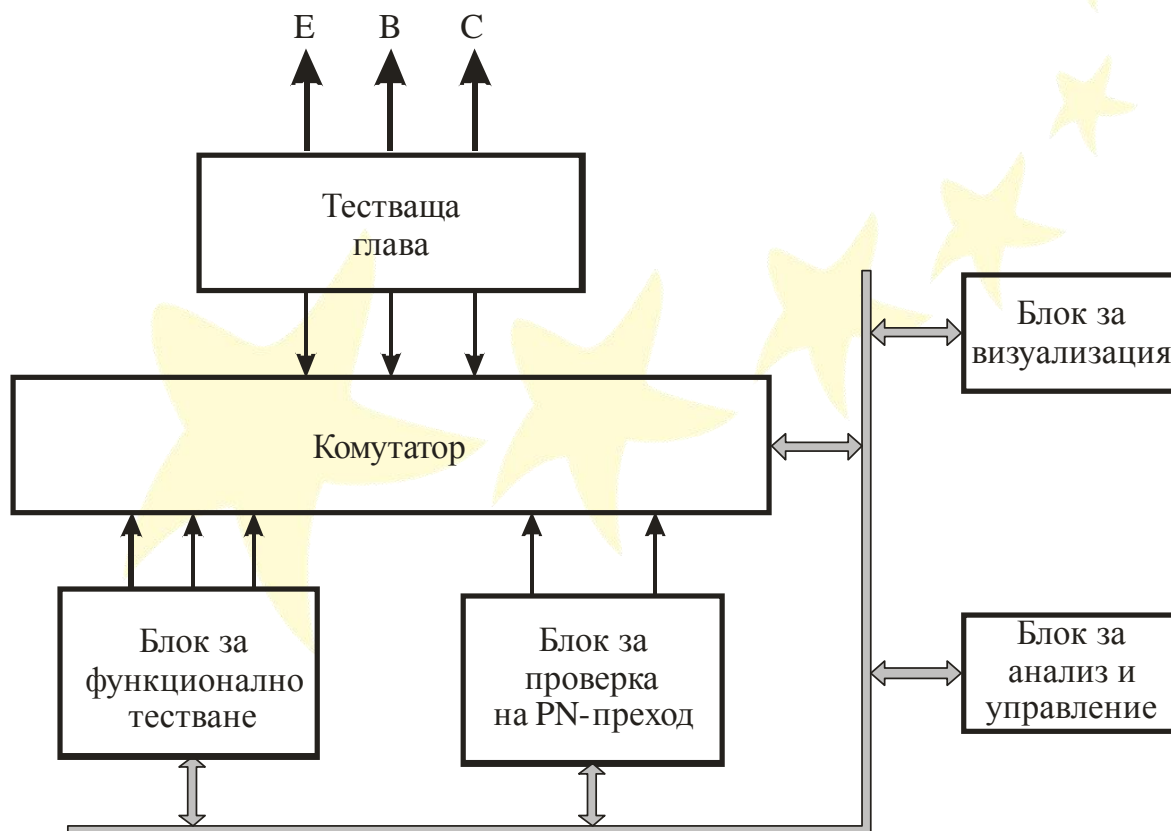


Европейски социален фонд

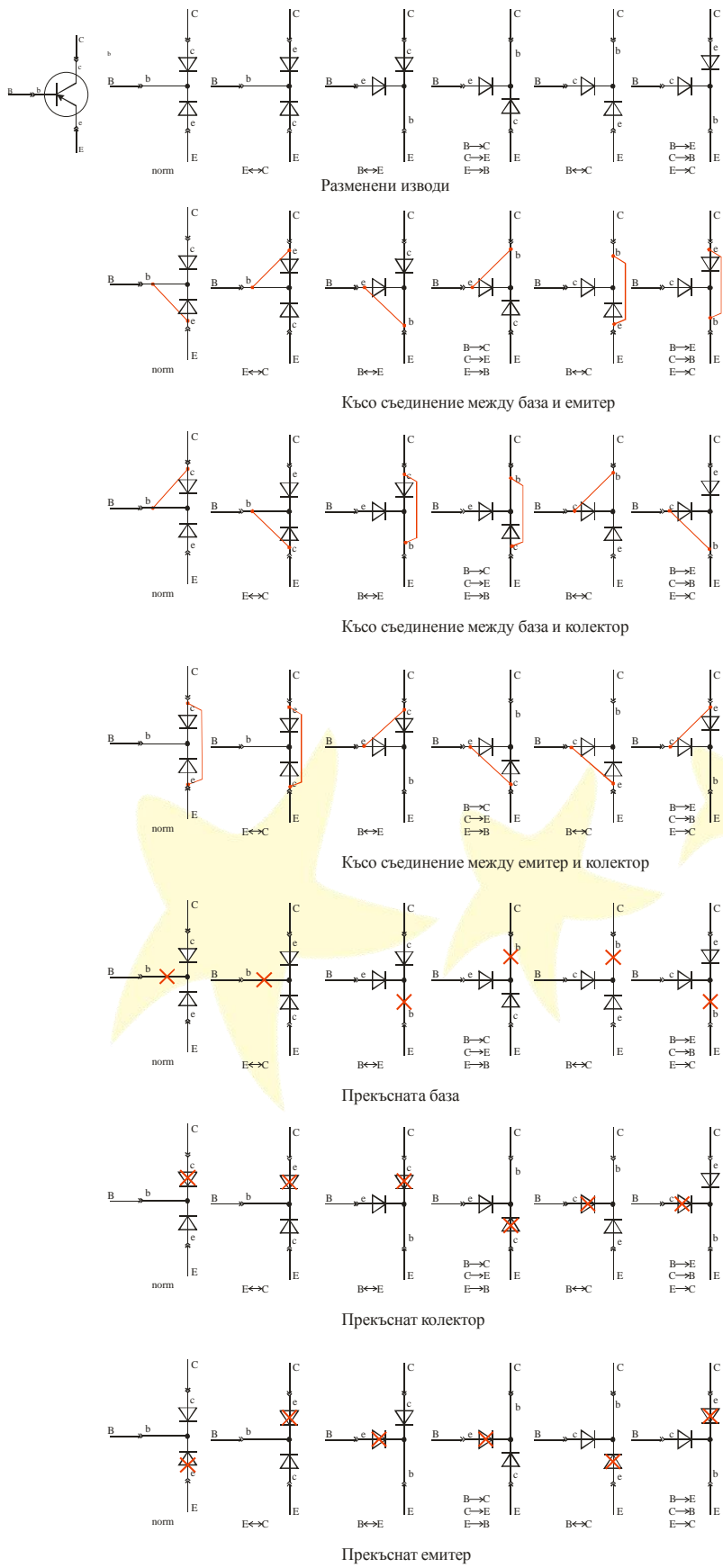
„обратно” свързване на захранващия източник. Резултатът от всяка проверка може да бъде 1 (съпротивлението е малко) или 0 (съпротивлението е голямо). Последователността от битовете, съответстваща на резултатите от последователността от проверки, образува кода на неизправността на тествания транзистор. Този код се сравнява с кодовете в таблицата на възможните неизправности и при съвпадение се визуализира съобщението от съответния ред на таблицата.

### В. Структурна блокова схема

За реализирането на горния диагностичен метод ще използвам диагностична система с блокова схема (фиг.1), съдържаща тестваща глава с три извода, комутатор, блок за функционално тестване, блок за проверка на PN-преход, блок за анализ и управление и блок за визуализация.



фиг.1



фиг.2



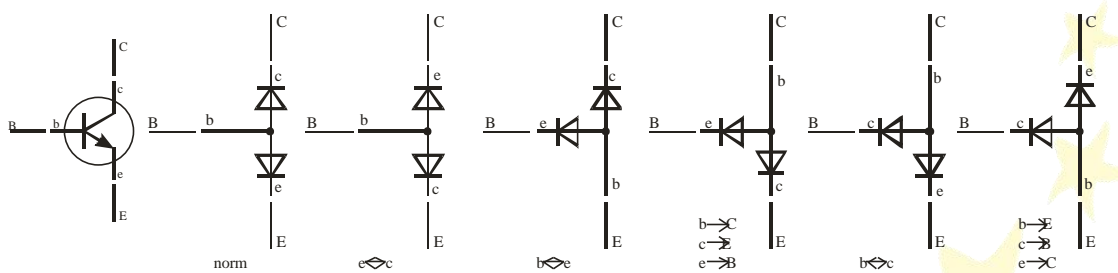
Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042**  
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре**  
**целия живот и развитие на компетенции”**  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



### Г. Избор на диагностични модели и попълване на таблицата с неизправностите

Попълването на таблицата с неизправностите се извършва въз основа на изпитанието на различни диагностични модели на транзистора с въведени неизправности. На фиг.2 са дадени диагностичните модели на транзистор тип PNP с неизправности разменени изводи, късо съединение между изводите и прекъснат извод, а на фиг.3 диагностичните модели на транзистор тип NPN с неизправности разменени изводи. Върху диагностичните модели са приложени изпитанията от П2 до П7 от таблица 1. Резултатите от изпитанията на диагностичните модели и кодът на съответната неизправност са дадени в таблица 2.



фиг.3

Таблица 1.

Изпитание	Описание на изпитанието
П1	Проверка на транзистора на функционална годност
П2	Проверка В+Е- /прилага се изпитващо напрежение с положителния полус към базата и отрицателния полус към емитера /
П3	Проверка В-Е+
П4	Проверка В+С-
П5	Проверка В-С+
П6	Проверка Е+С-
П7	Проверка Е-С+

Таблица 2.

No на диагностичния модел	Неизправност	Резултати от изпитанието на транзистор тип NPN								
		Разположение на изводите	B+	E+	B+	C+	E+	C+	Код на неизправността	
			E-	B-	C-	B-	C-	E-		
			I>5mA	I>5mA	I>5mA	I>5mA	I>5mA	I>5mA		
	П2	П3	П4	П5	П6	П7	DEC	HEX		
0	Разменени изводи	PNP normal	0	1	0	1	0	0	20	14
1		e↔c	0	1	0	1	0	0	20	14
2		b↔e	1	0	0	0	0	1	33	21
3		b→C, c→E, e→B	0	0	1	0	1	0	10	A
4		b↔c	0	0	1	0	1	0	10	A
5		b→C, c→E, e→B	1	0	0	0	0	1	33	21
6	Късо между база и емитер	PNP normal	1	1	0	1	0	1	53	35
7		E↔C	0	1	1	1	1	0	30	1E
8		B↔E	1	1	0	1	0	1	53	35
9		b→C, c→E, e→B	0	1	1	1	1	0	30	1E
10		B↔C	1	0	1	0	1	1	43	2B
11		b→C, c→E, e→B	1	0	1	0	1	1	43	2B
12	Късо между база и колектор	PNP normal	0	1	1	1	1	0	30	1E
13		E↔C	1	1	0	1	0	1	53	35
14		B↔E	1	0	1	0	1	1	43	2B
15		b→C, c→E, e→B	1	0	1	0	1	1	43	2B
16		B↔C	0	1	1	1	1	0	30	1E
17		b→C, c→E, e→B	1	1	0	1	0	1	53	35
18	Късо между емитер и колектор	PNP normal	0	1	0	1	1	1	23	17
19		E↔C	0	1	0	1	1	1	23	17
20		B↔E	1	0	1	1	0	1	45	2D
21		b→C, c→E, e→B	1	1	1	0	1	0	58	3A
22		B↔C	1	1	1	0	1	0	58	3A
23		b→C, c→E, e→B	1	0	1	1	0	1	45	2D
24	Прекъсната база	PNP normal	0	0	0	0	0	0	0	0
25		E↔C	0	0	0	0	0	0	0	0
26		B↔E	0	0	0	0	0	0	0	0
27		b→C, c→E, e→B	0	0	0	0	0	0	0	0

28		$B \leftrightarrow C$	0	0	0	0	0	0	0
29		$b \Rightarrow C, c \Rightarrow E, e \Rightarrow B$	0	0	0	0	0	0	0
30	Прекъснат колектор	PNP normal	0	1	0	0	0	16	10
31		$E \leftrightarrow C$	0	0	0	1	0	4	4
32		$B \leftrightarrow E$	1	0	0	0	0	32	20
33		$b \Rightarrow C, c \Rightarrow E, e \Rightarrow B$	0	0	1	0	0	8	8
34		$B \leftrightarrow C$	0	0	0	0	1	2	2
35		$b \Rightarrow C, c \Rightarrow E, e \Rightarrow B$	0	0	0	0	0	1	1
36	Прекъснат емитер	PNP normal	0	0	0	1	0	4	4
37		$E \leftrightarrow C$	0	1	0	0	0	16	10
38		$B \leftrightarrow E$	0	0	0	0	0	1	1
39		$b \Rightarrow C, c \Rightarrow E, e \Rightarrow B$	0	0	0	0	1	2	2
40		$B \leftrightarrow C$	0	0	1	0	0	8	8
41		$b \Rightarrow C, c \Rightarrow E, e \Rightarrow B$	1	0	0	0	0	32	20
42	Транзистор от друг тип	NPN normal	1	0	1	0	0	40	28
43		$E \leftrightarrow C$	1	0	1	0	0	40	28
44		$B \leftrightarrow E$	0	1	0	0	1	18	12
45		$b \Rightarrow C, c \Rightarrow E, e \Rightarrow B$	0	0	0	1	0	5	5
46		$B \leftrightarrow C$	0	0	0	1	0	5	5
47		$b \Rightarrow C, c \Rightarrow E, e \Rightarrow B$	0	1	0	0	1	18	12

От прегледа на Таблица 2 се вижда, че кодовете на неизправностите за някои диагностични модели са еднакви. За да се избегне това трябва да се въведат допълнителни проверки или да се намери общ признак. Например за моделите от групата „Разменени изводи” общият признак е към коя контактна площадка е свързан базовият извод. За групата „Късо съединение между изводите” предлагам да се въведе допълнителна функция „Късо съединение” в блока за проверка наличието на PN-преход. Тази функция ще се реализира чрез проверка на стойността на напрежителния пад между тестваните изводи при протичане на ток 5mA. Ако за силициеви транзистори напрежителният пад е по-малък от 0.3V, ще считам, че е налице късо съединение и при получаване на такъв резултат изпитанието се прекъсва и се визуализира наличието и мястото на късото съединение.

След обработка на резултатите от изпитанията на диагностичните модели е попълнена Таблицата на неизправностите / Таблица 3 /.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре  
целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Таблица 3

Код на неизправността /HEX/	Вид на неизправността
0	Прекъсната база
1	Прекъснат емитер или колектор
2	Прекъснат емитер или колектор
4	Прекъснат емитер или колектор
5	Транзистор от друг тип
8	Прекъснат емитер или колектор
A	Базата е в контактната точка за колектор
10	Прекъснат емитер или колектор
12	Транзистор от друг тип
14	Разменени емитер и колектор
20	Прекъснат емитер или колектор
21	Базата е в контактната точка за емитер
28	Транзистор от друг тип

#### Д. Избор на схема на комутатора

Избирам схемата на комутатора да е с матрична структура. Предимствата на тази структура са, че чрез задействане на едно реле може да се осъществи връзка между една произволна входна и една произволна изходна точка.

Използват се две групи проводници /шини/ - вертикални и хоризонтални. Вертикалните шини са свързани към тестващата глава – три шини за Е, В и К на тествания транзистор, а от хоризонталните шини три са свързани към входните точки на блока за функционално тестване и две към входните точки на блока за проверка на PN-преход. В пресечните точки са свързани контактите на релетата, чрез които се реализират необходимите връзки.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре  
целия живот и развитие на компетенции”

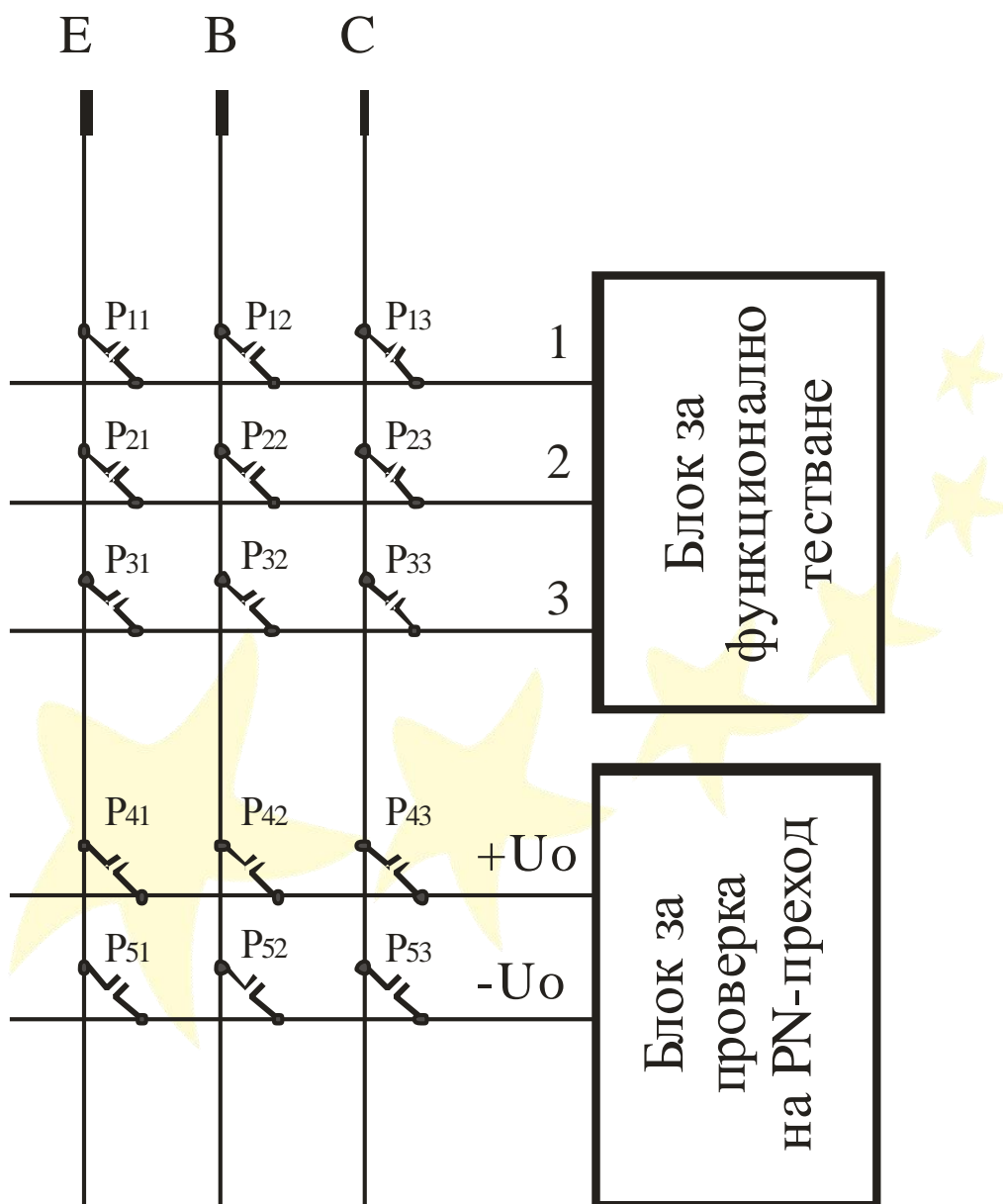
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Недостатък на комутатора с матрична структура е, че има опасност от късо съединение при грешно задействане на повече от едно реле и измервателната верига е натоварена с по-голям паразитен капацитет.

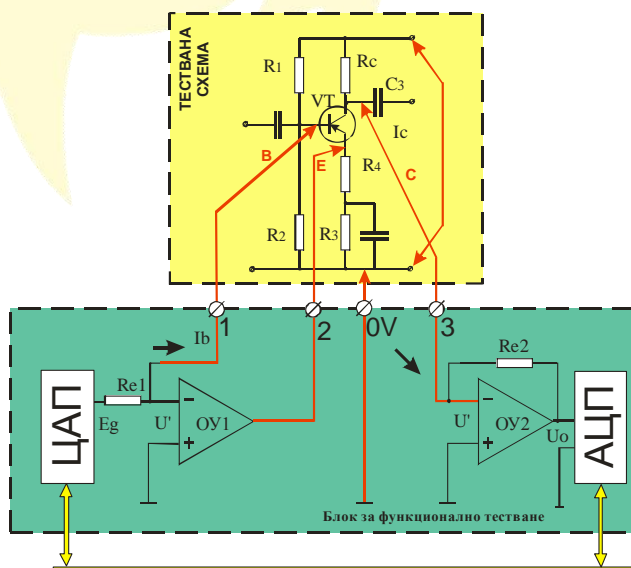


фиг. 2



## Е. Избор на схема за функционална проверка на тествания транзистор

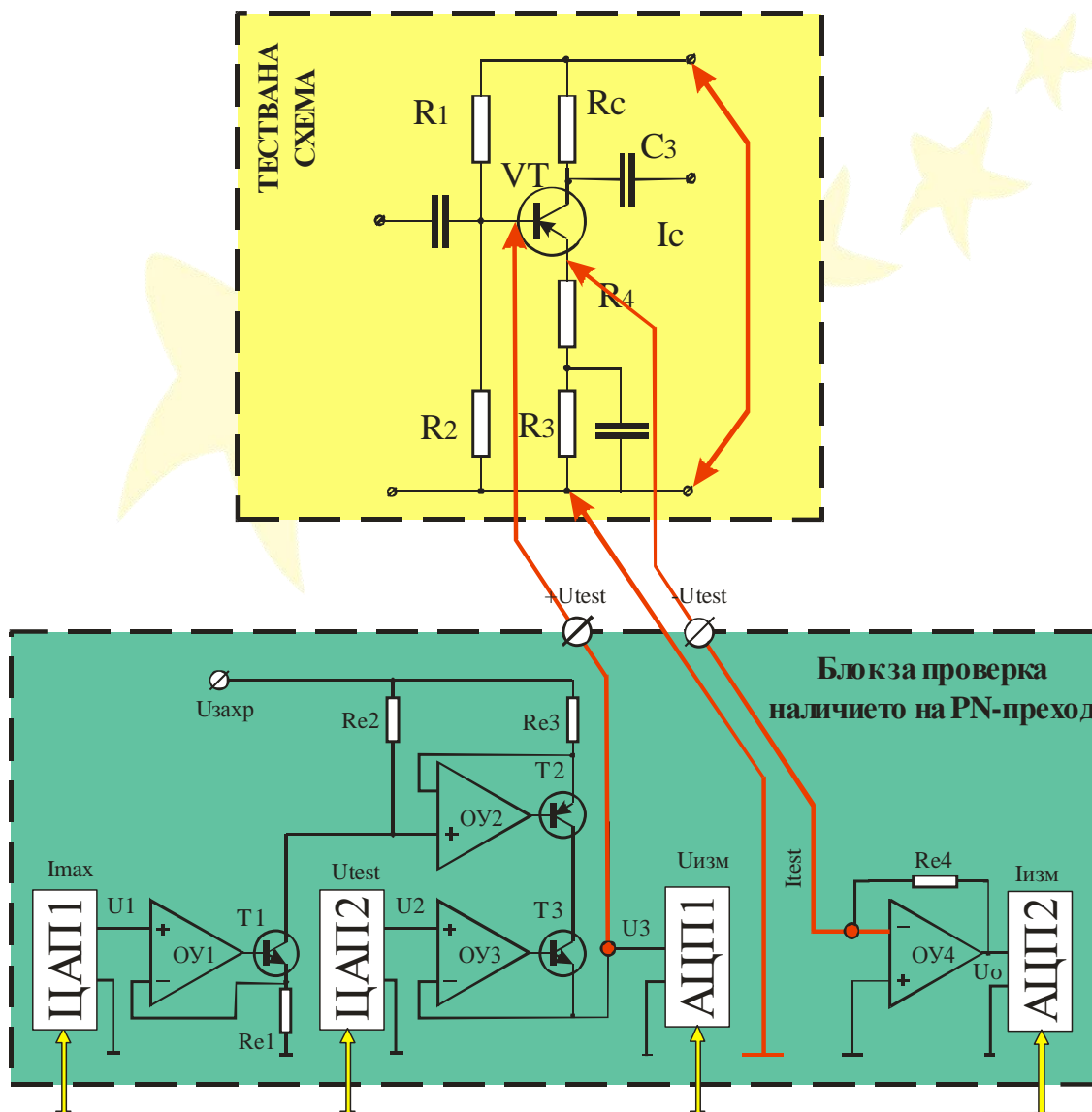
Избирам функционалната проверка на тествания транзистор да се извърши с помощта на схема за определяне на коефициента на усилване по ток в схема ОЕ. Необходимо е да се зададе базов ток с предварително зададена стойност, а напрежението между базата и колектора да се поддържа  $0V$ . Измерва се стойността на колекторния ток. Тя е пропорционална на коефициента на усилване по ток в схема ОЕ. Задаването на базовия ток става с генератор на ток, реализиран с операционния усилвател ОУ1. Емитерът на транзистора се свързва към изхода на ОУ1 (точка 2), а базата – към инвертиращия му вход (точка 1). При транзистор тип PNP посоката на базовия ток е от емитера към базата. Напрежението на изхода на ЦАП, управляващо генератора на ток, трябва да е с отрицателен поляритет. За да се определи коефициентът на усилване по ток, с помощта на АЦП се измерва напрежението на изхода на преобразувател ток в напрежение, реализиран с операционния усилвател ОУ2. Входът на преобразувателя ток в напрежение (точка 3) е свързан към колектора на тествания транзистор. Нулевата потенциална разлика между базата и колектора се осигурява от това, че те са свързани към инвертиращите входове съответно на ОУ1 (точка 1) и на ОУ2 (точка 3). Общата точка на измервателната схема трябва да се свърже с общата точка на платката, където се намира тествания транзистор, а захранващите шини на платката трябва да се свържат накъсо. Това ще намали шунтиращото влияние на елементите, свързани към изводите на тествания транзистор.



фиг. 3

## Ж. Избор на схема за определяне на неизправностите на тествания транзистор

Схемата за определяне на неизправностите на тествания транзистор се свързва към два извода на тествания транзистор и задачата ѝ е да определи дали между двата извода има PN-преход. С цел да не се повреди тестваният транзистор ще използвам схема с константно напрежение, която ще подава към изводите на транзистора тествашо напрежение не по-голямо от 1V. След прилагане на напрежението ако PN-прехода е в право свързване протича значителен по стойност ток, а ако е в обратно свързване токът е значително по-малък. Приемам ако между двата извода протича ток по-голям от 5mA съпротивлението е малко и обратно ако протича ток по-малък от 5mA съпротивлението е голямо. За целта трябва да може да се програмира стойността на тествашото напрежение и да се измерва протичащият ток.



фиг. 4



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

Освен наличието на PN-преход схемата трябва да разпознава наличието на късо съединение. Ще считам, че е налице късо съединение ако при сравнително ниско тестващо напрежение (по-малко от 0.3V) протича значителен ток (например по-голям от 10mA). За да се разпознае късото съединение схемата с константно напрежение се захранва през генератор на ток. При достигане на тока през двата извода на тествания транзистор програмираната стойност на тока през генератор на ток (например 10mA) схемата с константно напрежение не може да зададе програмираното тестващо напрежение (например 0.65V) и падът между изходите остава по-нисък от зададеното тестващо напрежение. За реализирането на тази функция е необходимо да може да се задава токът през генератора на ток и да се измерва падът между изходите.

Задаването на тока през генератора на ток (фиг. 4) става с помощта на цифро-аналогов преобразувател ЦАП1. Токът през тестваните изводи се задава с генератора на ток, реализиран с операционния усилвател ОУ2, транзистора Т2 и еталония резистор Re3. Входното напрежение, управляващо генератора на ток, се получава като пад върху еталония резистор Re2 при протичане през него на тока, зададен от втори генератор на ток, реализиран с операционния усилвател ОУ1, транзистора Т1 и еталония резистор Re1. Вторият генератор на ток се управлява от изходното напрежение U1 на ЦАП1. Връзката между U1 и тока I<sub>max</sub> се дава с израза

$$I_{max} = Re2 * U1 / (Re1 * Re3)$$

Задаването на тестващото напрежение става чрез повторител, реализиран с операционния усилвател ОУ3 и транзистора Т3. Повторителят се управлява от изходното напрежение U2 на цифро-аналоговия преобразувател ЦАП2.

Падът между тестваните изводи на транзистора постъпва на входните точки +U<sub>test</sub> и -U<sub>test</sub> на схемата за определяне на неизправностите на тествания транзистор, а от там се подава като входно напрежение U3 на входа на аналого-цифровия преобразувател АЦП1.

Токът през тестваните изводи I<sub>test</sub> през входната точка -U<sub>test</sub> на схемата за определяне на неизправностите на тествания транзистор се подава на преобразувател ток в напрежение, чието изходно напрежение U<sub>o</sub> се измерва от аналого-цифровия преобразувател АЦП2.

Цифровите входове и изходи на ЦАП и АЦП чрез обща шина се свързват с блока за анализ и управление.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре  
целия живот и развитие на компетенции”**

*Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!***

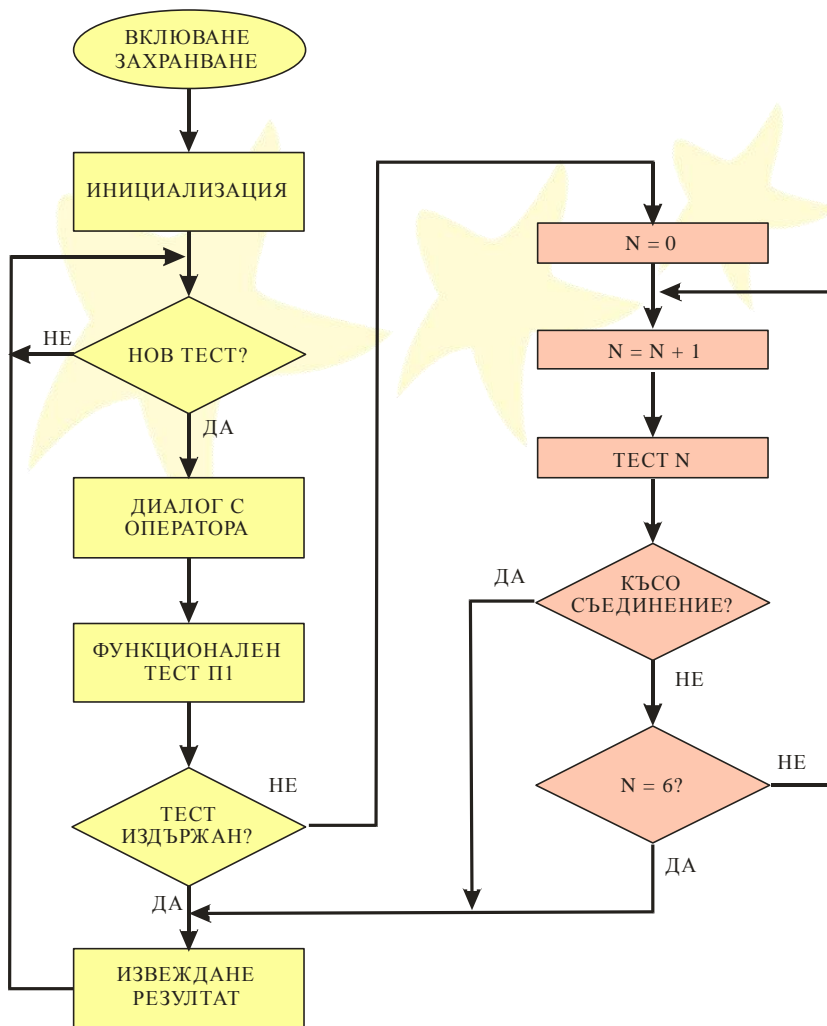


Европейски социален фонд

### 3. Блокова схема на алгоритъма на блока за анализ и управление на диагностичната система за поелементна диагностика на биполярни транзистори

Блокът за анализ и управление на диагностичната система трябва да изработи набор от управляващи сигнали, необходими за управлението на съставните възли на диагностичната система. Блокът за анализ и управление е микропроцесорна система, която се управлява от записаната в паметта му програма. Програмата се стартира при включване на захранващото напрежение и се изпълнява програмният модул за първоначално установяване (инициализация) на микропроцесорната система и на диагностичната система.

Първоначалното установяване на микропроцесорната система включва задаване на режимитена работа на входно-изходните и на комуникационните устройства, на ЦАП и АЦП.



фиг. 5



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

**Инвестира във вашето бъдеще!**



Първоначалното установяване на диагностичната система включва задаване на подходящи нива на управляващите сигнали, нулиране на екрана на блока за визуализация и извеждане на текстови съобщения – например „Диагностичната система е готова”. Програмата преминава в режим на изчакване на сигнал от оператора за започване на нов тест. Това се извършва като микропроцесорната система периодично чете състоянието на вход, свързан към бутон или микропревключвател за стартиране. Ако бутонът не е натиснат програмата се връща и чете отново състоянието на входа. Ако бутонът е натиснат програмата започва да изпълнява програмен модул за диалог с оператора. Този модул напомня, че

- общата точка на измервателната схема трябва да се свърже с общата точка на тестваната платка,
- захранващите шини на платката трябва да се свържат накъсо с общата точка на тестваната платка,
- штифтовете на тестващата глава се притискат към контактните площадки за изводите на тествания транзистор.

Операторът изпълнява необходимите операции и информира програмата, че са изпълнени.

Програмата преминава към следващия програмен модул „Функционален тест”. Микропроцесорната система извършва следните действия:

- изработва команди за задействане на релета Р12, Р21 и Р33 за свързване на штифтовете на тестващата глава към входните точки на блока за функционален тест
- подава цифровия код на изходното напрежение на ЦАП с което се задава базовия ток
- прочита се кода получен от АЦП, измерващ изходното напрежение на преобразувателя ток в напрежение
- сравнява получената стойност с напрежението, съответстващо на зададената долна граница за коефициента на усилване по ток
- изработва оценка годен-негоден

При оценка „годен” се преминава към програмен модул „Извеждане резултат” и след визуализиране на резултата към цикъла за проверка на появата на команда за нов тест

При оценка „негоден” се преминава към участъка от програмата за определяне на неисправността. В този участък е организиран цикъл от 6 изпитания, съответстващи на изпитанията от П2 до П7 в таблица 1. По време на всяко изпитание се проверява за наличието на късо съединение. Ако е регистрирано к.с. се излиза от цикъла и се преминава към визуализиране на мястото на к.с. След всяко изпитание в зависимост от резултата се записва 0 или 1 в съответния бит от кода на неисправността.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене пре  
целия живот и развитие на компетенции”**

*Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз*

***Инвестира във вашето бъдеще!***



Европейски социален фонд