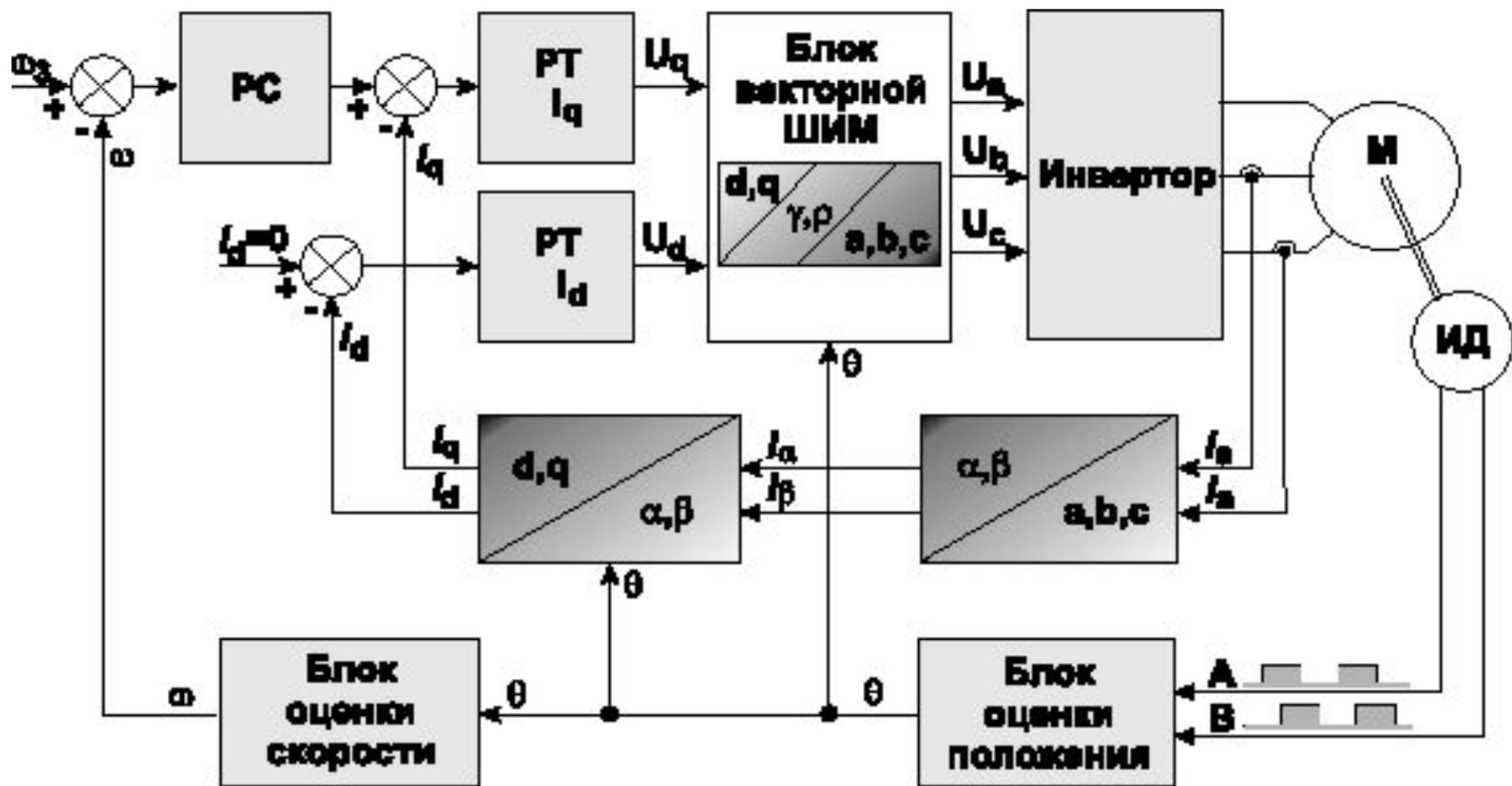


# Микропроцессорные системы управления двигателями переменного тока

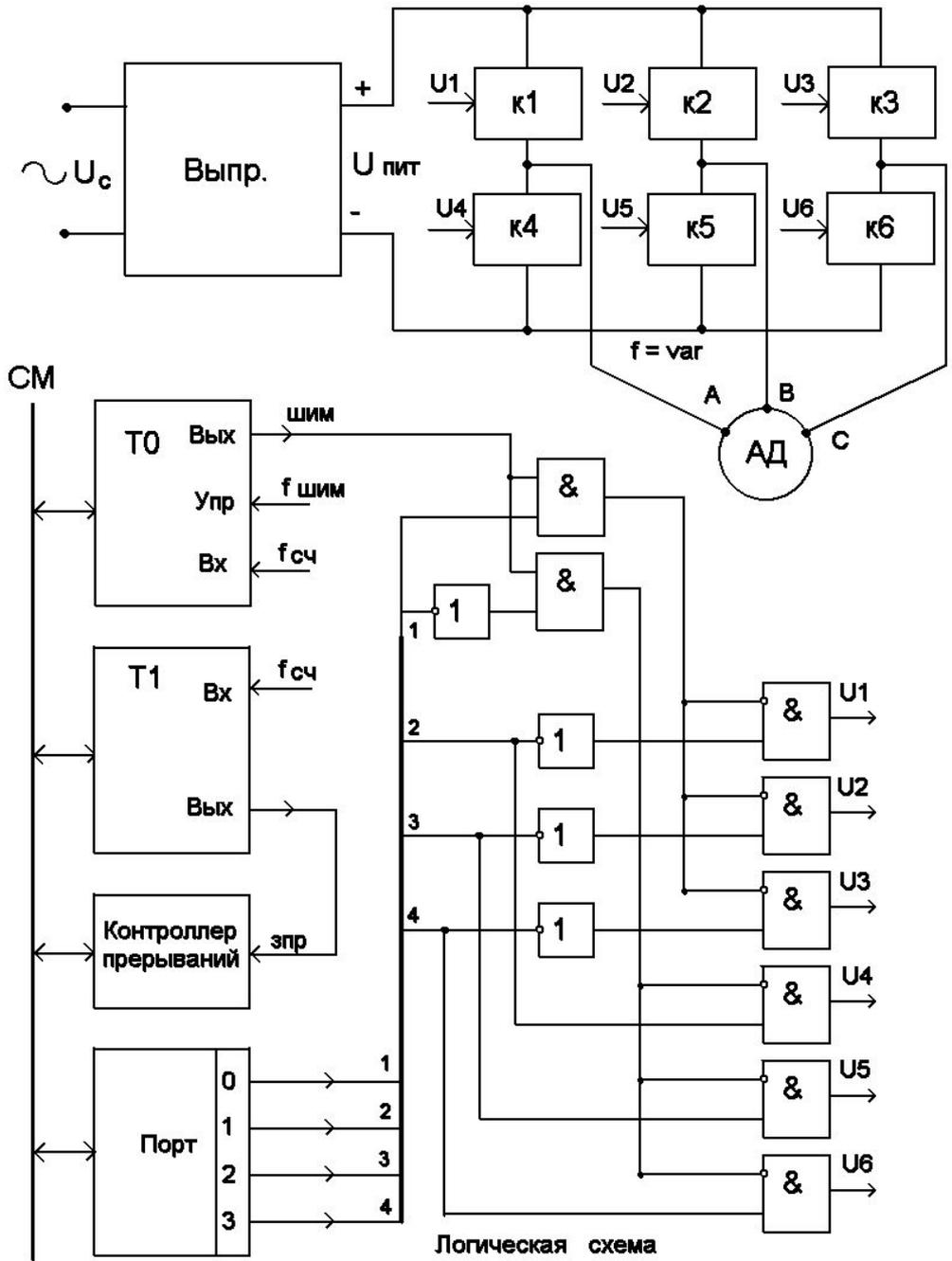
1 Алгоритмы управления ключами инвертора при частотном управлении двигателями переменного тока.

2 Основные тенденции развития встроенных периферийных устройств микроконтроллеров серий *Motor Control* .

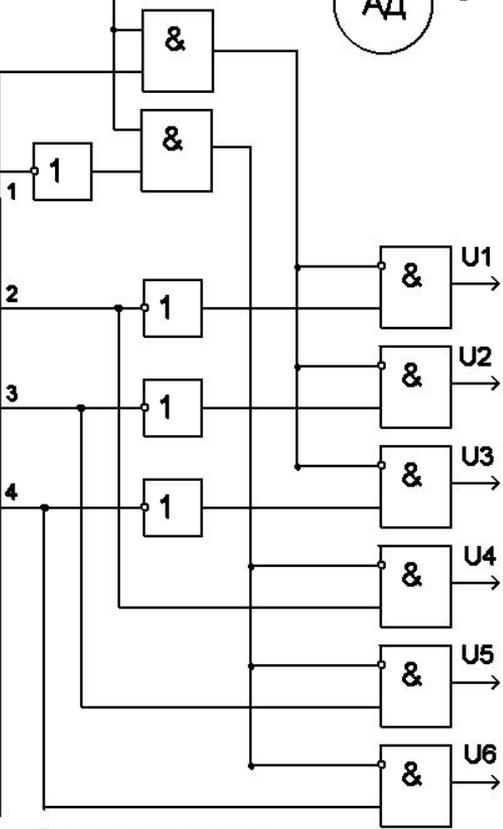
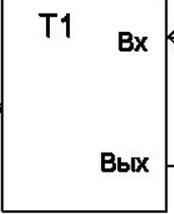
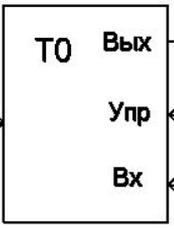
3 Примеры контроллеров серий *Motor Control* ведущих фирм.







СМ

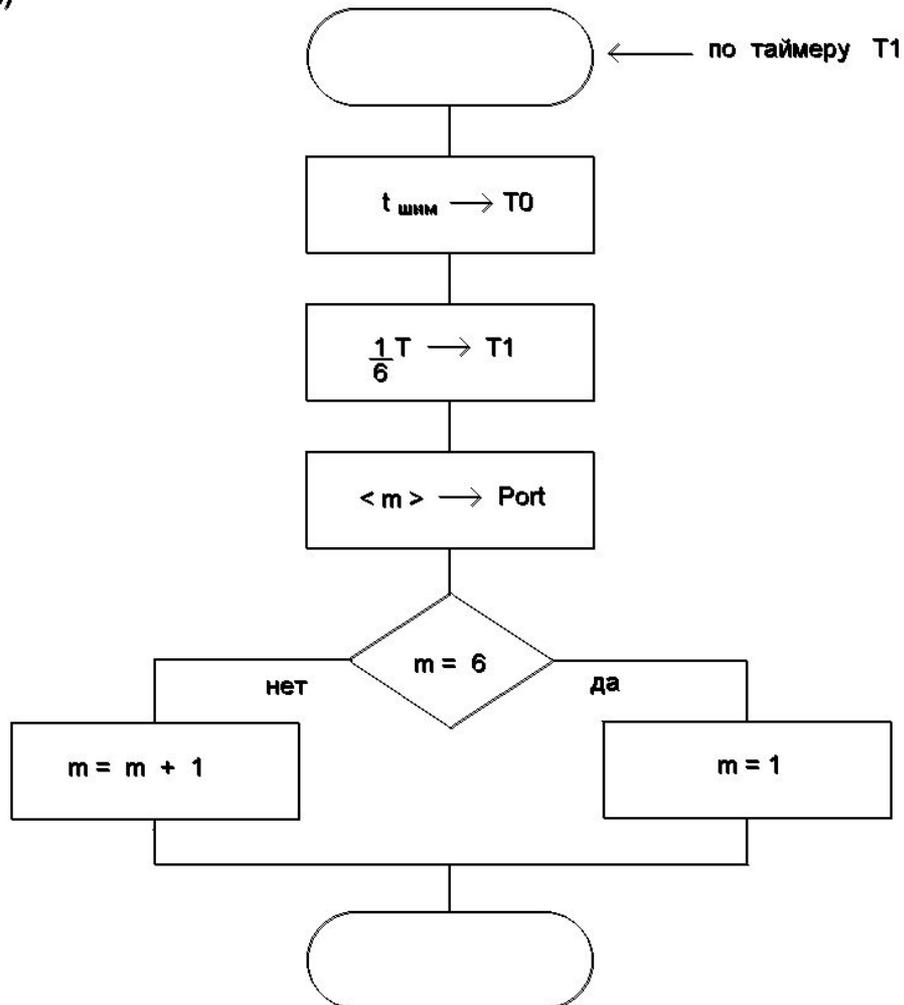


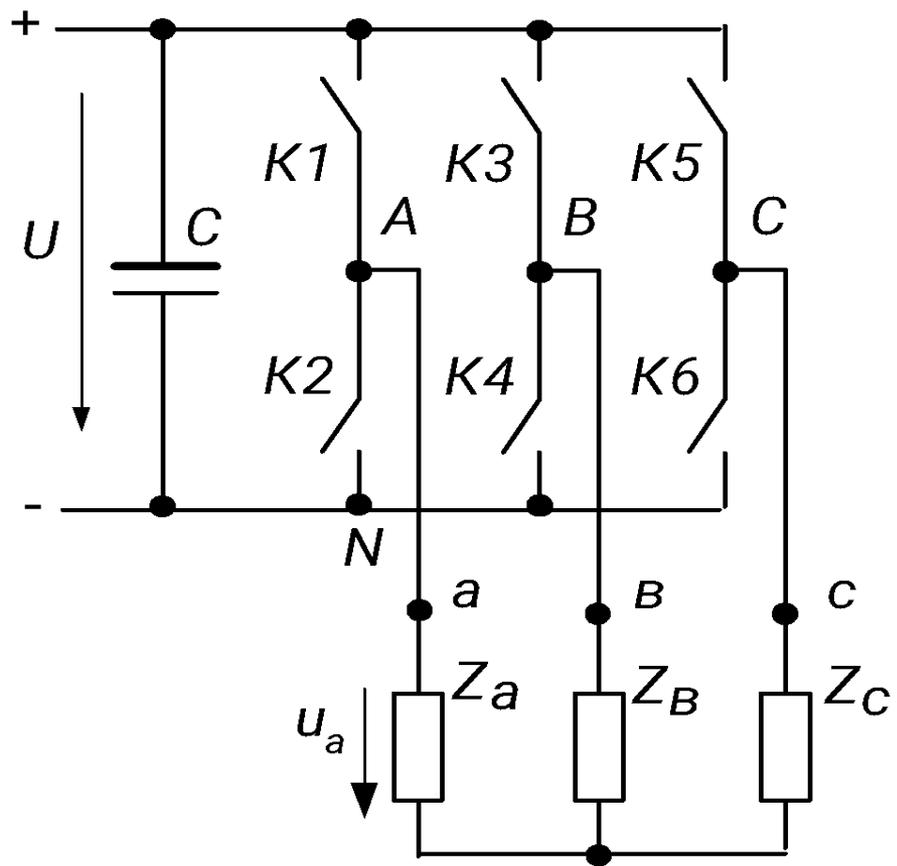
Логическая схема

а)

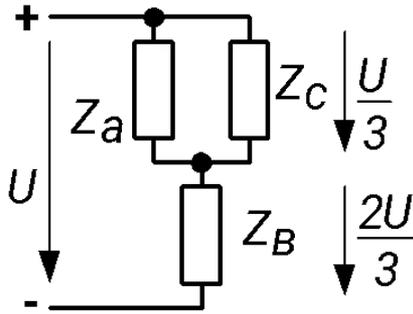
Port	Фазы		1	2	3	4	5	6
	кл.	т						
1	1		1	1	1	0	0	0
2	2		0	0	1	1	1	0
3	3		1	0	0	0	1	1
	4		0	0	0	1	1	1
	5		1	1	0	0	0	1
	6		0	1	1	1	0	0
0	Верхний Нижний		0	1	0	1	0	1

б)

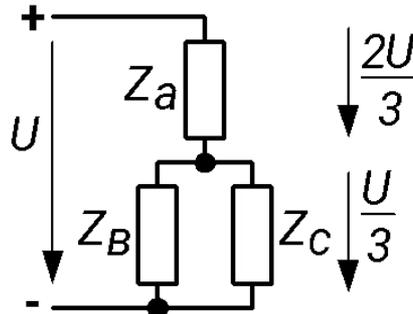




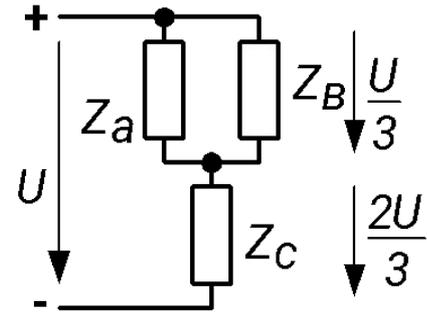
інтервал 6



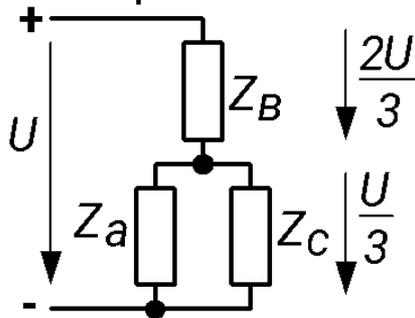
інтервал 1



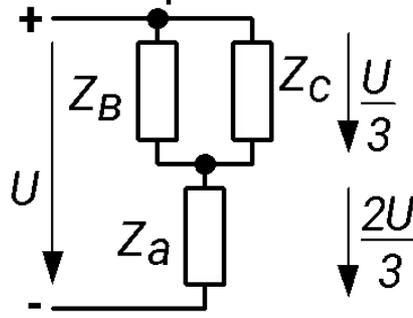
інтервал 2



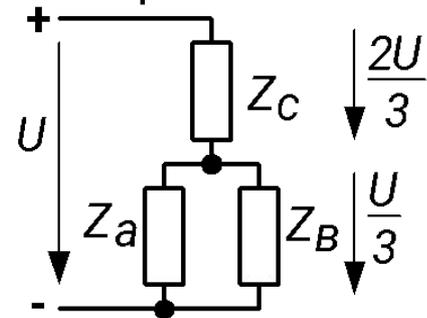
інтервал 3

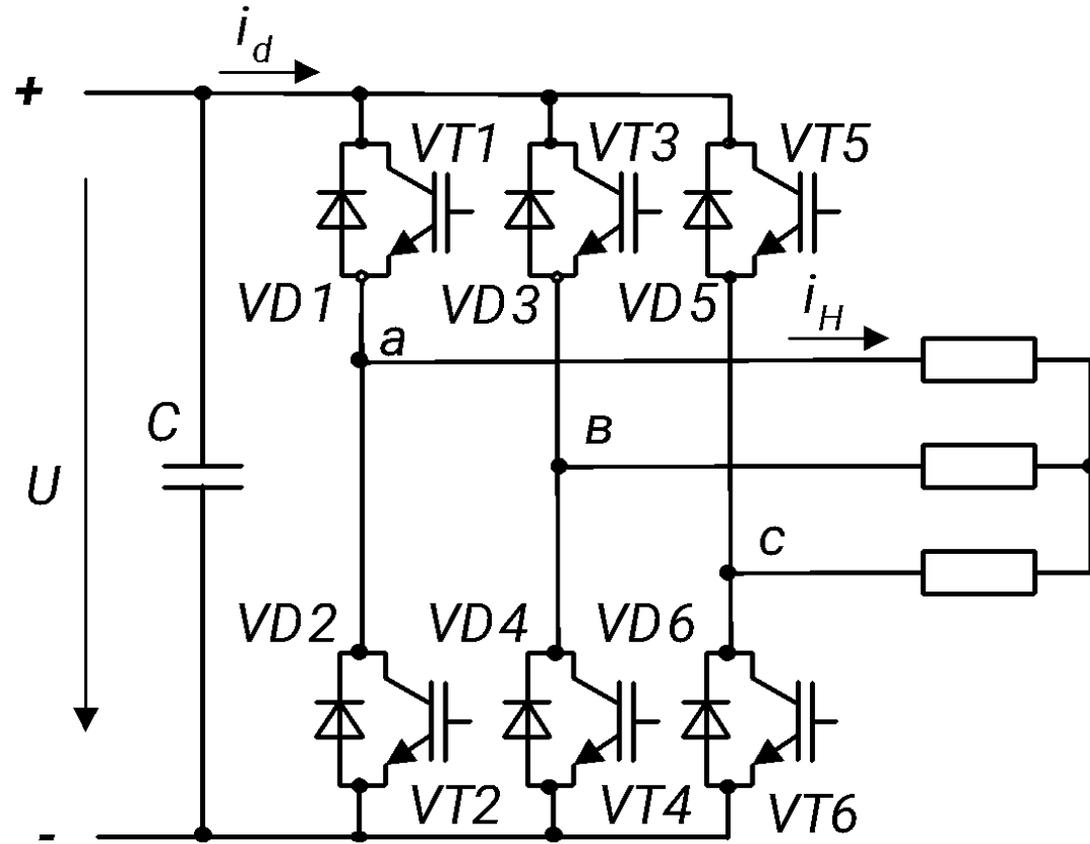


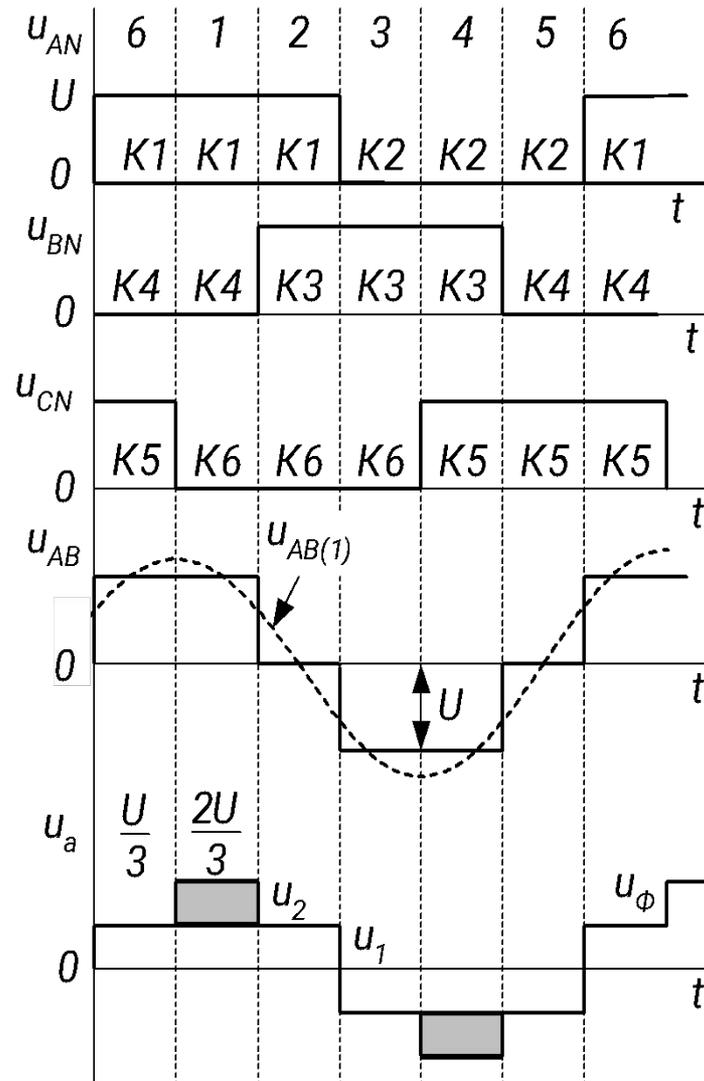
інтервал 4

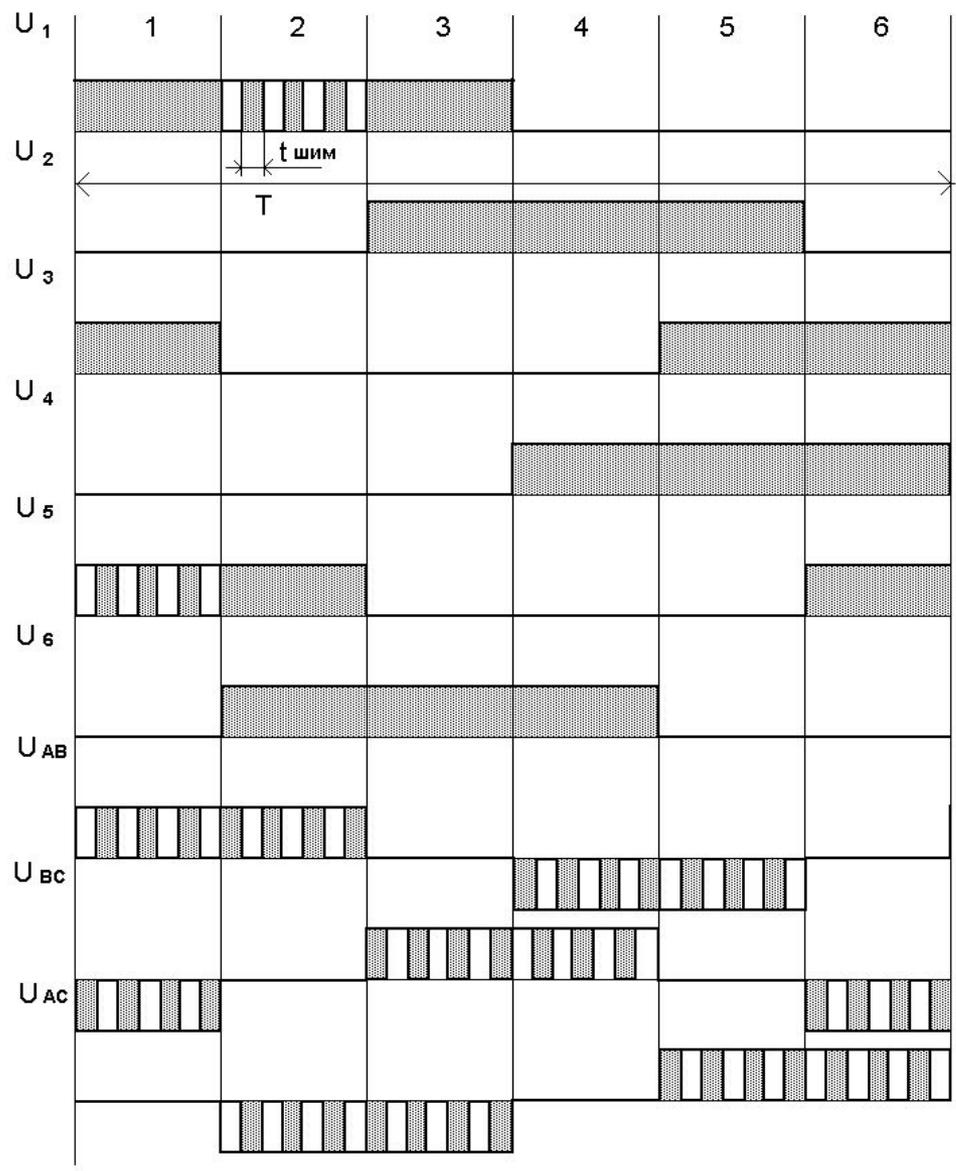


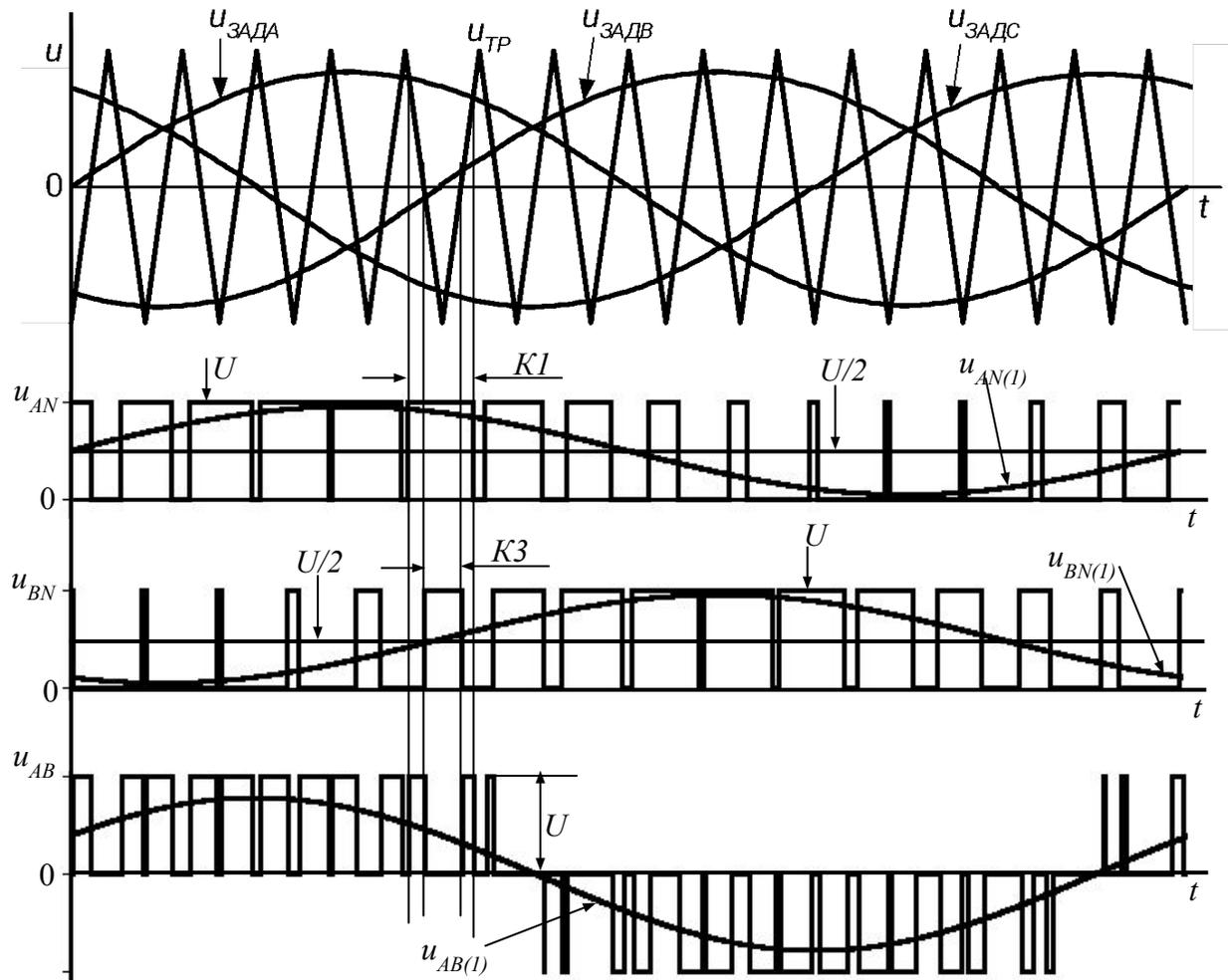
інтервал 5

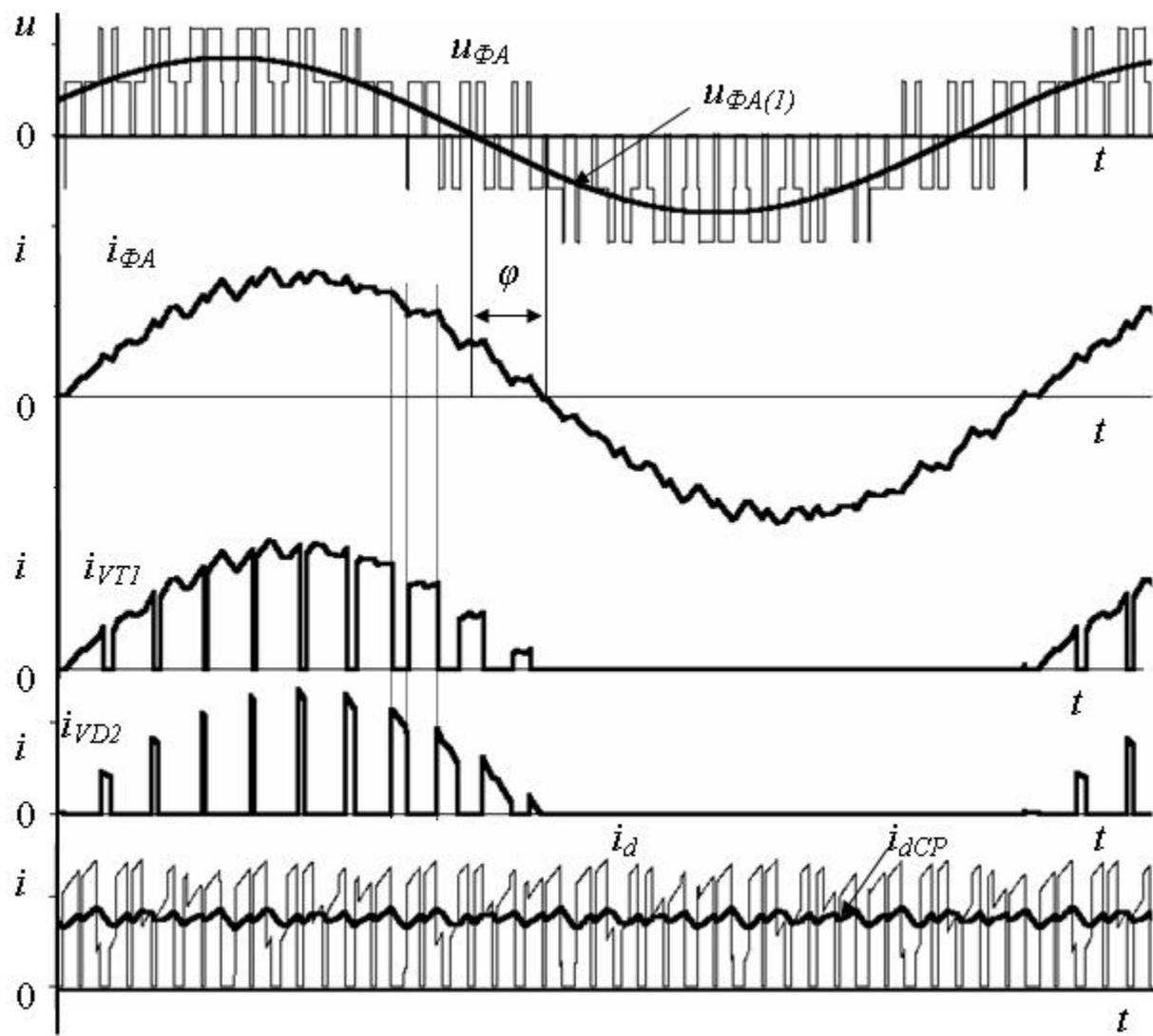


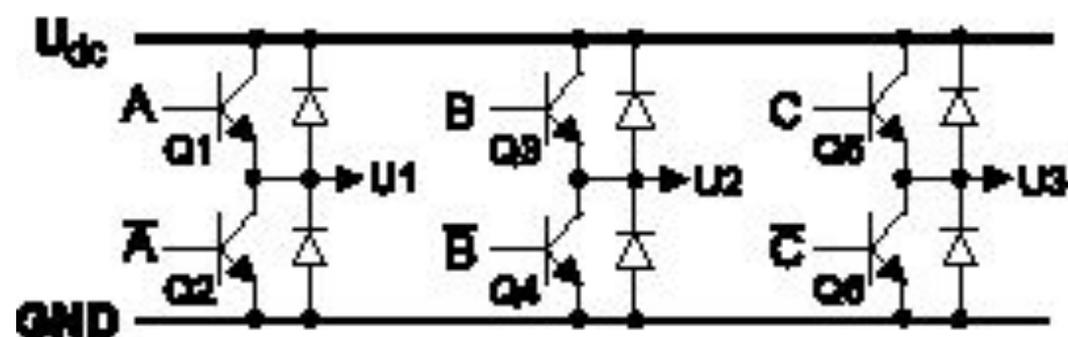








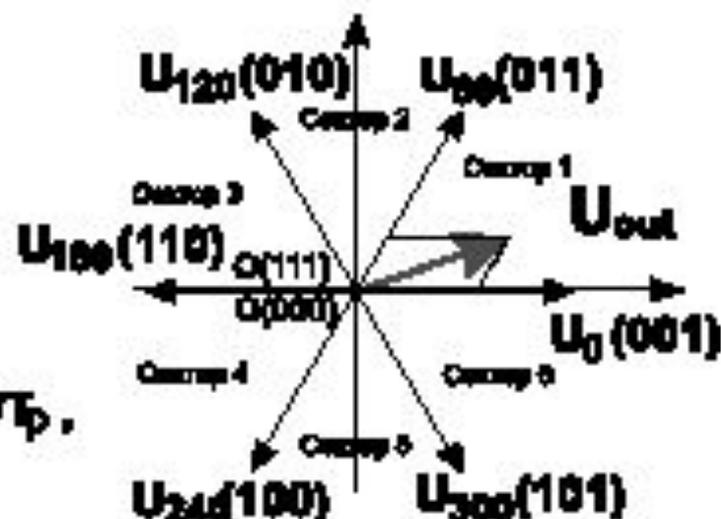


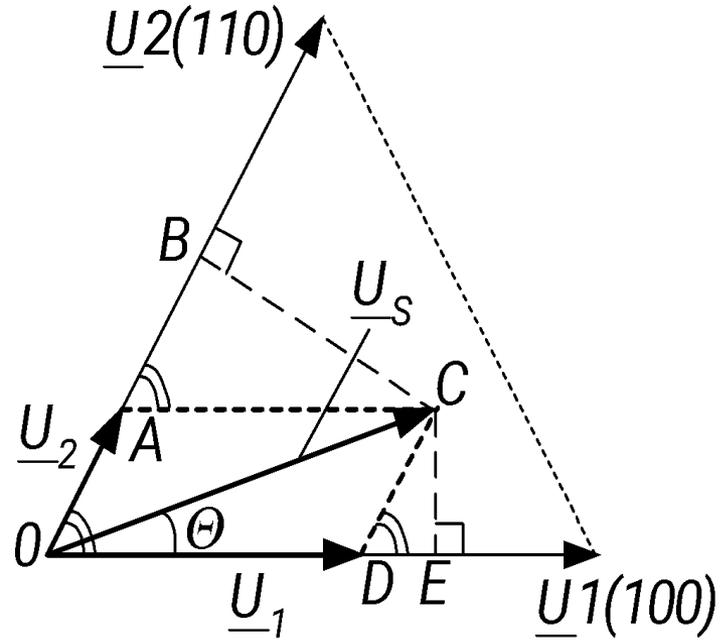


$$U_{out} = [T_1 \cdot U_x + T_2 \cdot U_{x+90} + T_0 \cdot O(000 \text{ или } 111)] / T_p,$$

$$T_0 = T_p - T_1 - T_2, \text{ где } T_p \text{ — период ШИМ}$$

Базовые вектора  
 $U_x = U_x (C, B, A)$   
 $x = 0, 60, 120, 180, 240, 300$





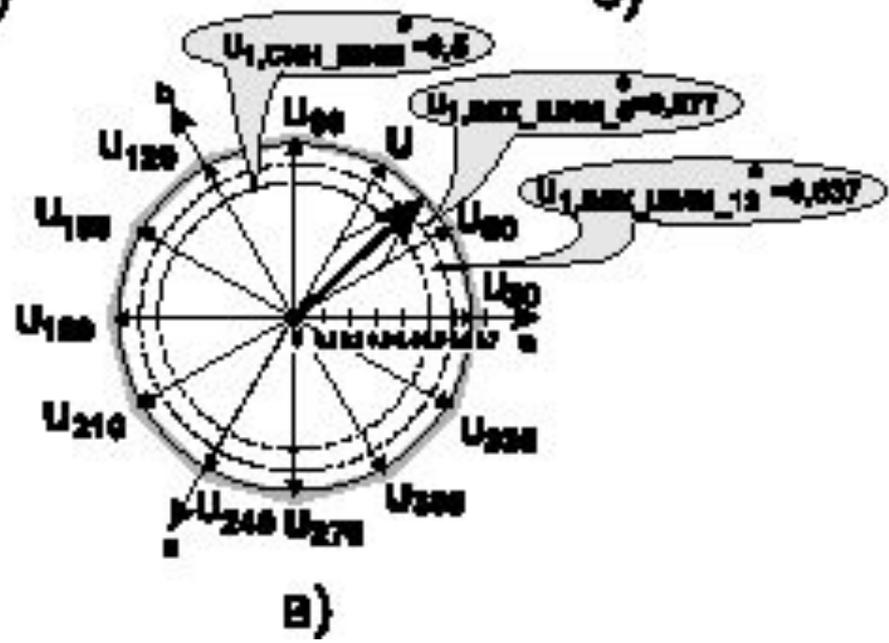
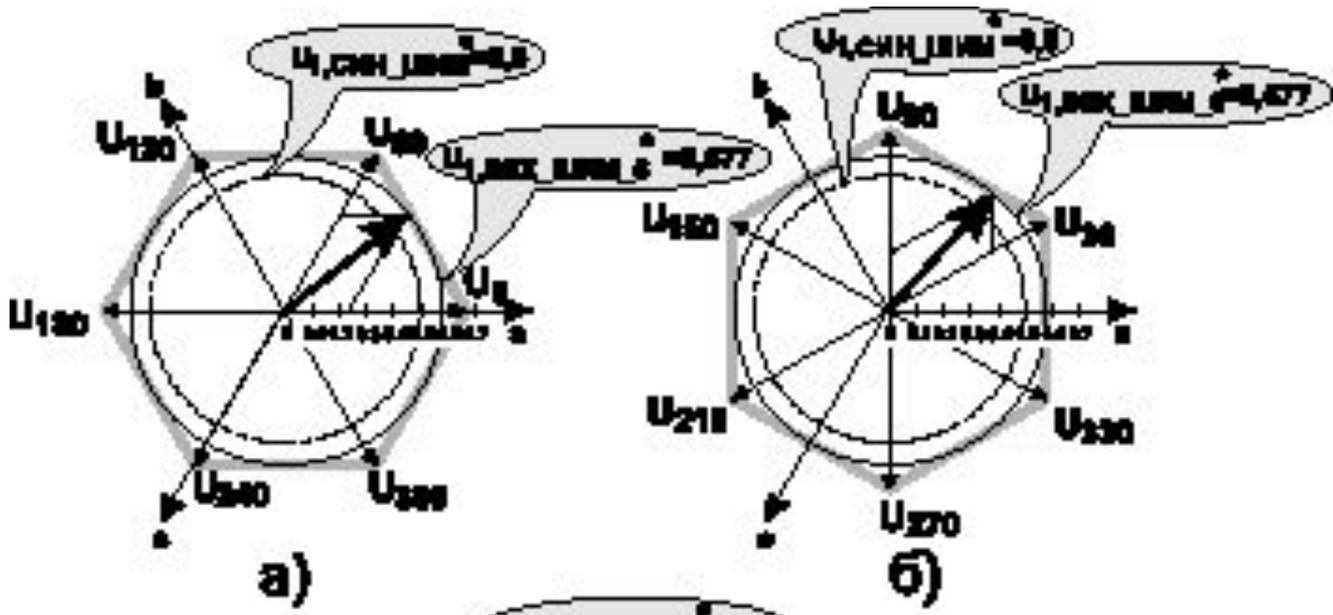
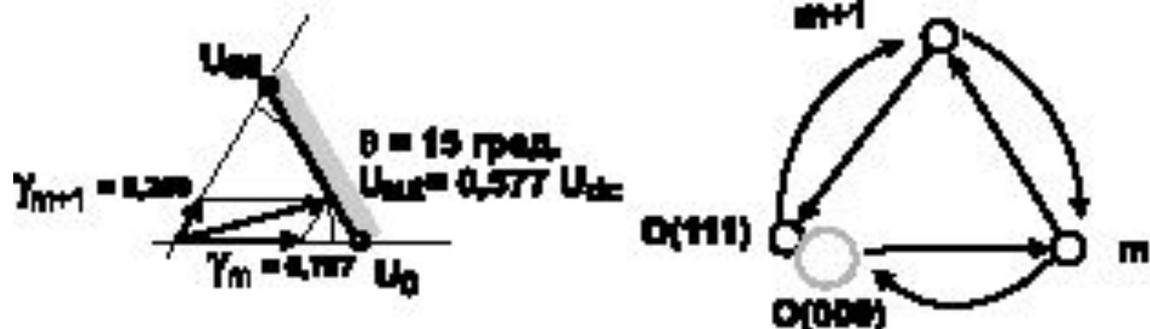


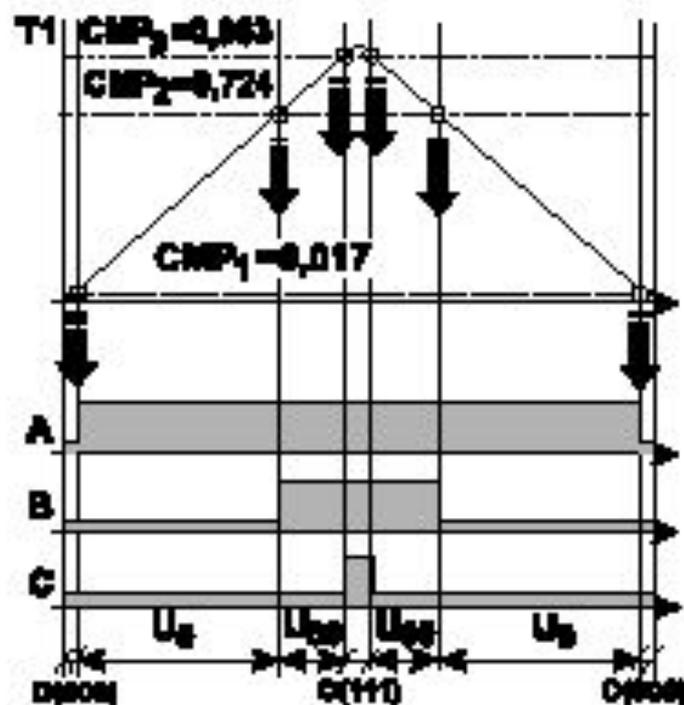
Таблица Схемы включения и векторные диаграммы для инвертора в режиме ШИМ-модуляции базовых векторов

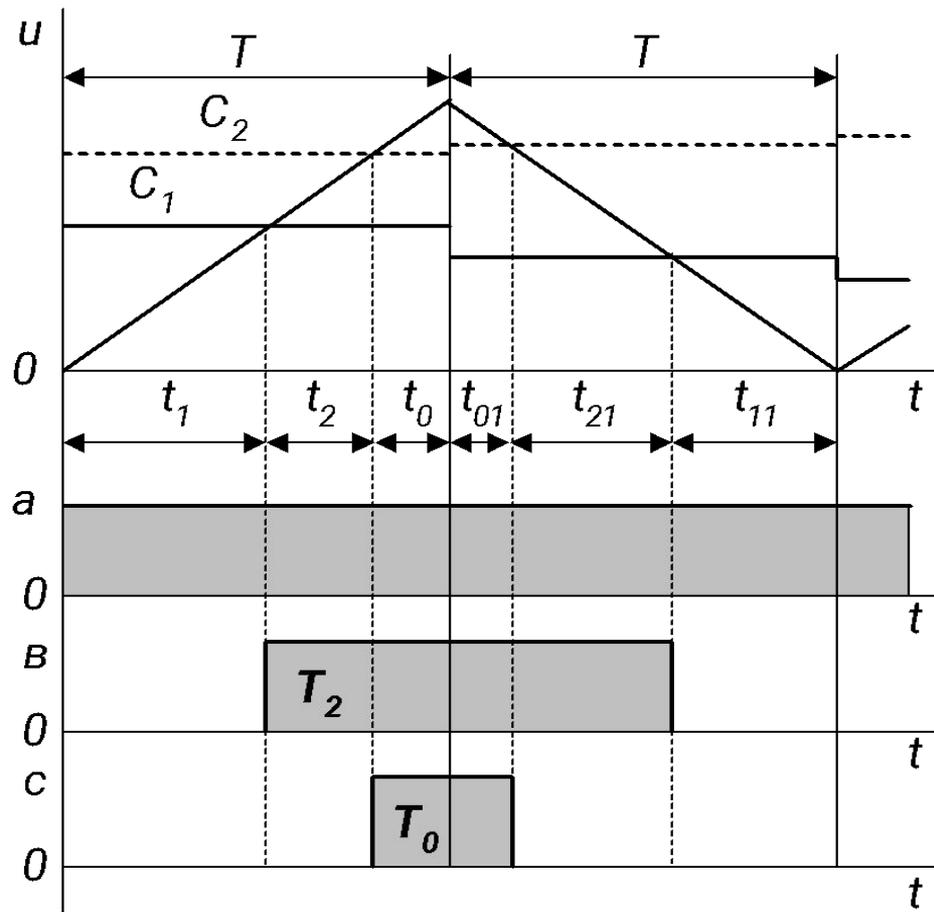
Базовый вектор		Схема включения и векторная диаграмма			Фазные напряжения ( $U_{\phi}/U_{dc}$ )		
Название	Код				$U_c$	$U_b$	$U_a$
	C	B	A				
O(000)	0	0	0		0	0	0
$U_0(001)$	0	0	1		$-(1/3)$	$-(1/3)$	$+(2/3)$
$U_{60}(011)$	0	1	1		$-(2/3)$	$+(1/3)$	$+(1/3)$
$U_{120}(010)$	0	1	0		$-(1/3)$	$+(2/3)$	$-(1/3)$
$U_{180}(110)$	1	1	0		$+(1/3)$	$+(1/3)$	$-(2/3)$
$U_{240}(100)$	1	0	0		$+(2/3)$	$-(1/3)$	$-(1/3)$
$U_{300}(101)$	1	0	1		$+(1/3)$	$-(2/3)$	$+(1/3)$
O(111)	1	1	1		0	0	0

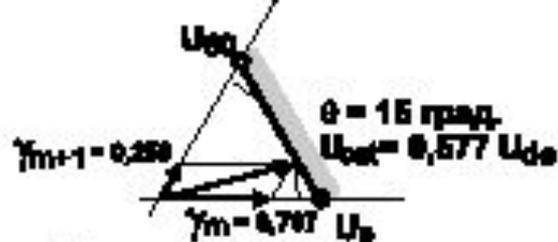


Тип коммутации  
 $O(000), m, m+1, O(111), m+1, m, O(000)$

$$CMP_1^* = \frac{1 - \gamma_m - \gamma_{m+1}}{2}; \quad CMP_2^* = \frac{1 + \gamma_m - \gamma_{m+1}}{2}; \quad CMP_3^* = \frac{1 + \gamma_m + \gamma_{m+1}}{2}$$







**Тип коммутации:**

$m, m+1, O(111), m+1, m$   
 $m, m+1, O(000), m+1, m$

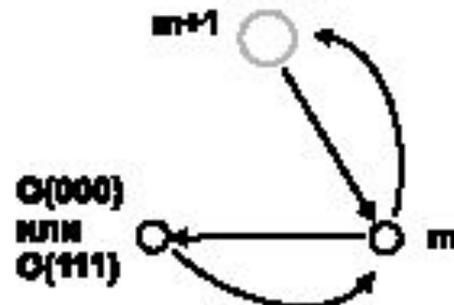
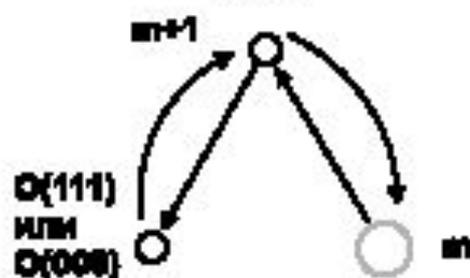
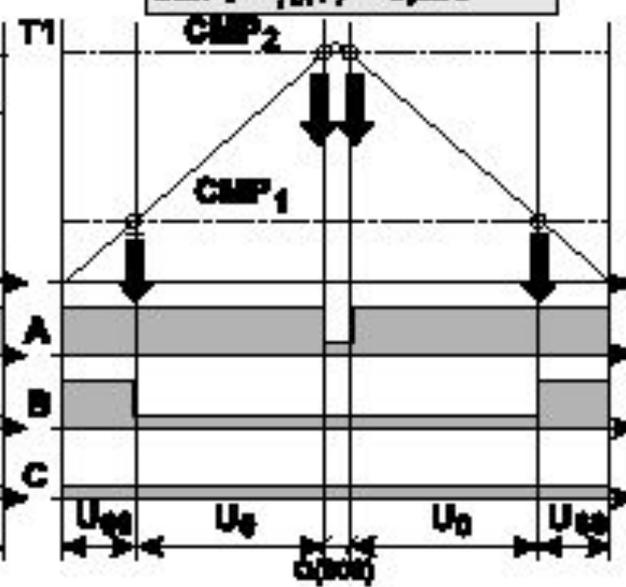
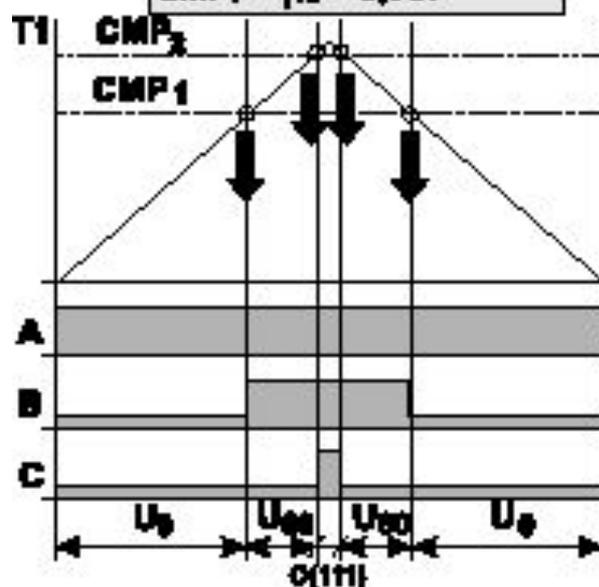
$$CMP_2^0 = \gamma_m + \gamma_{m+1} = 0,966$$

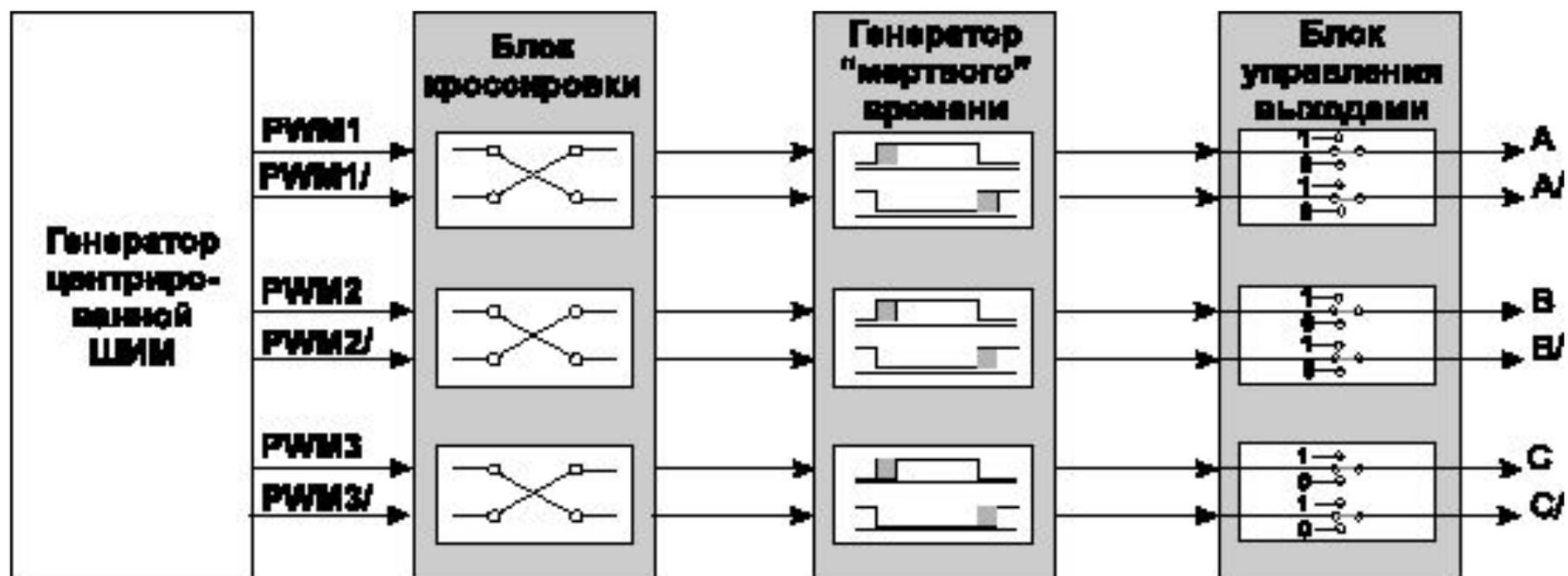
$$CMP_1 = \gamma_m = 0,787$$

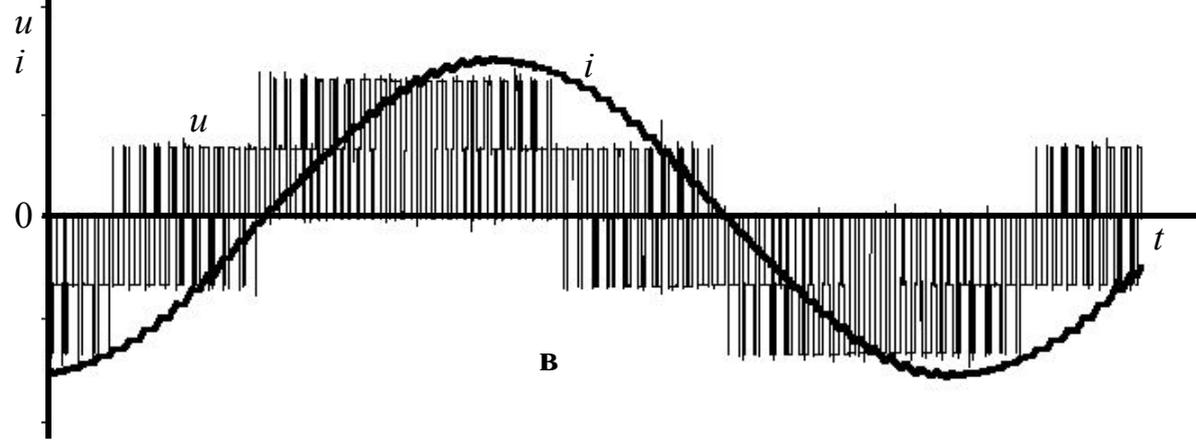
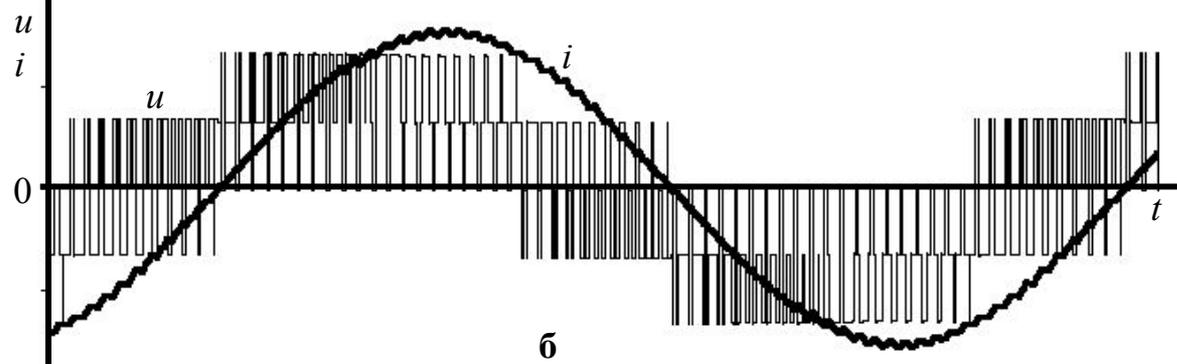
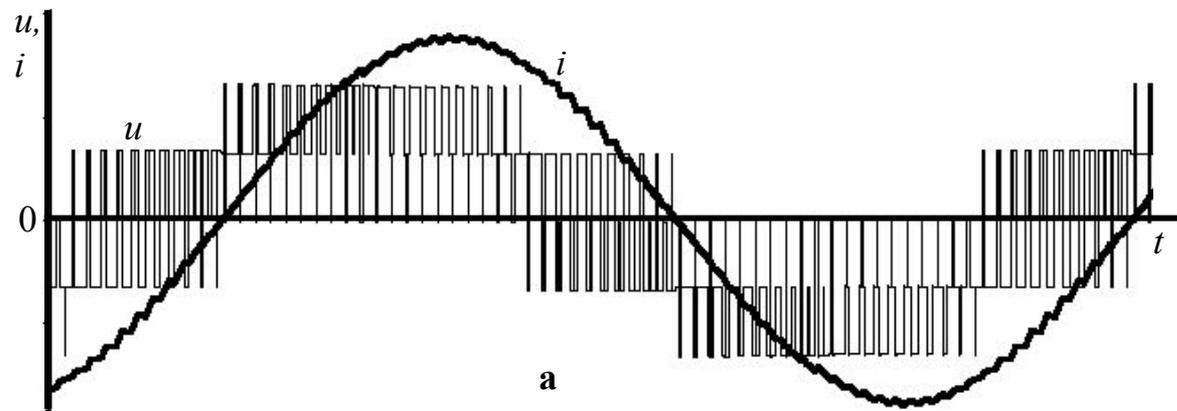
$m+1, m, O(000), m, m+1$   
 $m+1, m, O(111), m, m+1$

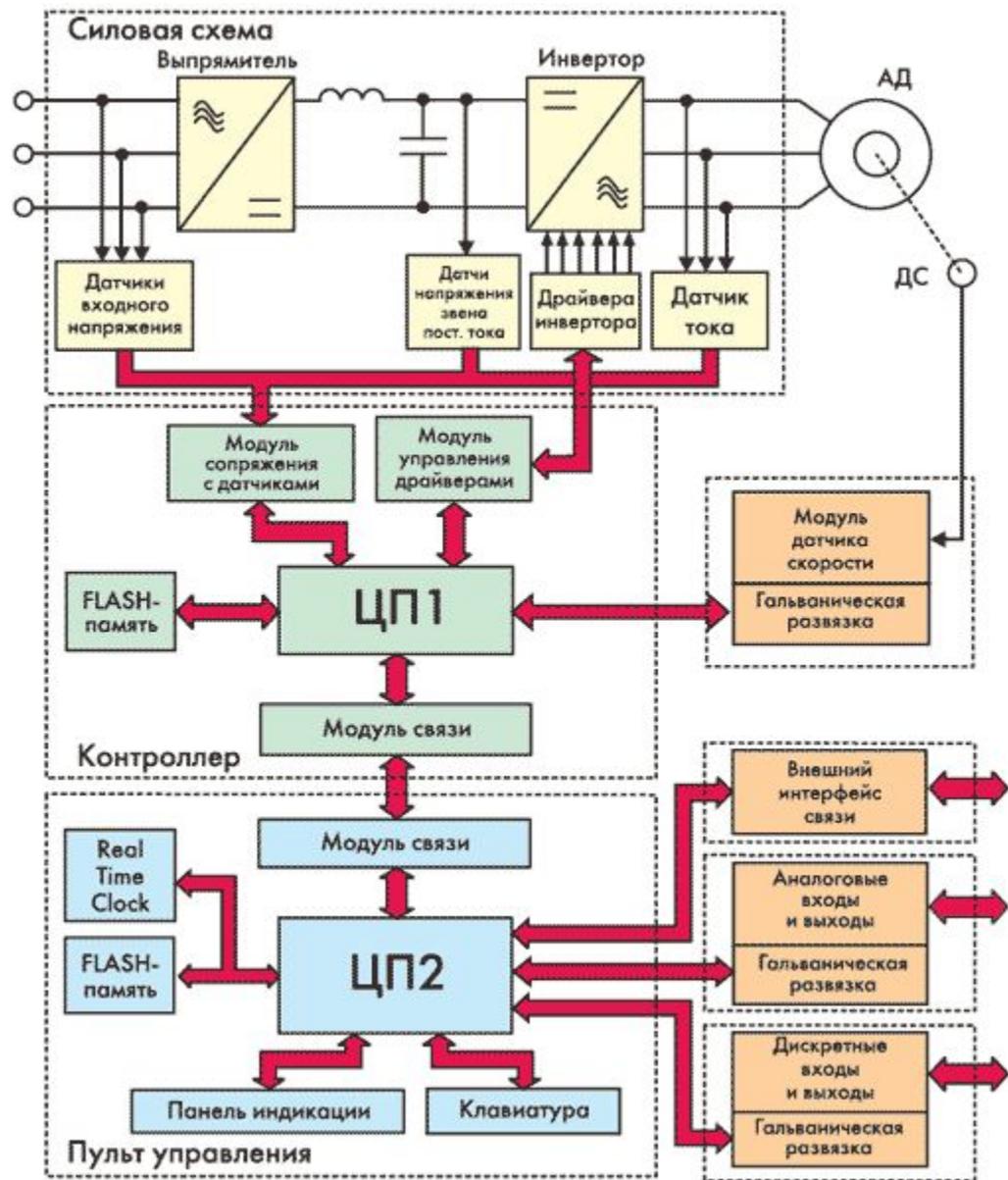
$$CMP_2^0 = \gamma_m + \gamma_{m+1} = 0,966$$

$$CMP_1 = \gamma_{m+1} = 0,289$$









<p>Метод формирования выходного напряжения</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Синусоидальная ШИМ;</li> <li>- метод пространственной модуляции базовых векторов (Space Vector Modulation).</li> </ul> <p>Частота ШИМ настраиваемая, 8...16 кГц для мощностей от 0,75 до 30 кВт и 4...8 кГц для мощностей выше 37 кВт. Для снижения уровня акустического шума используется метод «мягкой» ШИМ.</p>
<p>Метод управления двигателем</p>	<p>Скалярное управление:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классическое скалярное управление по заданной характеристике <math>U/f</math>;</li> <li>- скалярное управление с компенсацией падения напряжения на статоре (IR-компенсация);</li> <li>- скалярное управление с компенсацией скольжения.</li> </ul> <p>Векторное управление:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- бездатчиковое векторное управление скоростью;</li> <li>- бездатчиковое векторное управление моментом;</li> <li>- векторное управление скоростью с датчиком обратной связи по скорости;</li> <li>- векторное управление моментом с датчиком обратной связи по скорости.</li> </ul>
<p>Методы торможения двигателя</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Постоянным током;</li> <li>- динамическое торможение с использованием встроенного или внешнего тормозного резистора.</li> </ul>

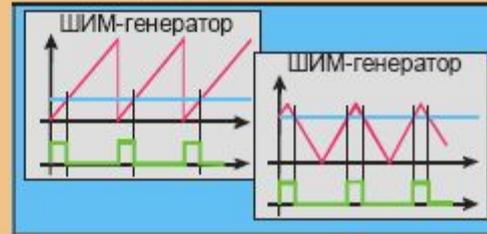
# Основные задачи, решаемые программным обеспечением преобразователей

## частоты

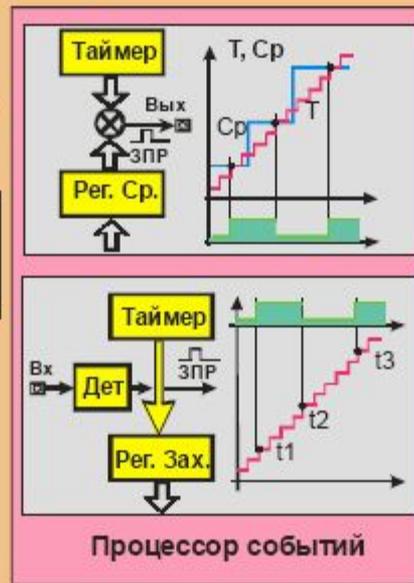
- 1. Реализация различных методов управления электродвигателем и методов формирования выходного напряжения.
- 2. Управление входным выпрямителем
- 3. Прием и обработка информации с датчиков.
- 4. Взаимодействие с периферийными модулями.
- 5. Взаимодействие с системой автоматизации верхнего уровня.
- 6. Обработка внешних сигналов и выдача управляющих воздействий на внешнюю аппаратуру в случае управления преобразователем частоты через дискретные или аналоговые входы.
- 7. Обеспечение интерфейса с пользователем.
- 8. Диагностика аппаратуры и самодиагностика.
- 9. Реализация защитных функций.
- 10. Сохранение информации о режимах, длительности работы, периодичности включения преобразователей частоты; подсчет показателей эффективности за определенный период; ведение журнала произошедших сбоев и аварий.
- 11. Реализация дополнительных функций.

# Многоканальные ШИМ-генераторы

- Фронтальная ШИМ
- Центрированная ШИМ
- Векторная ШИМ



СЧ

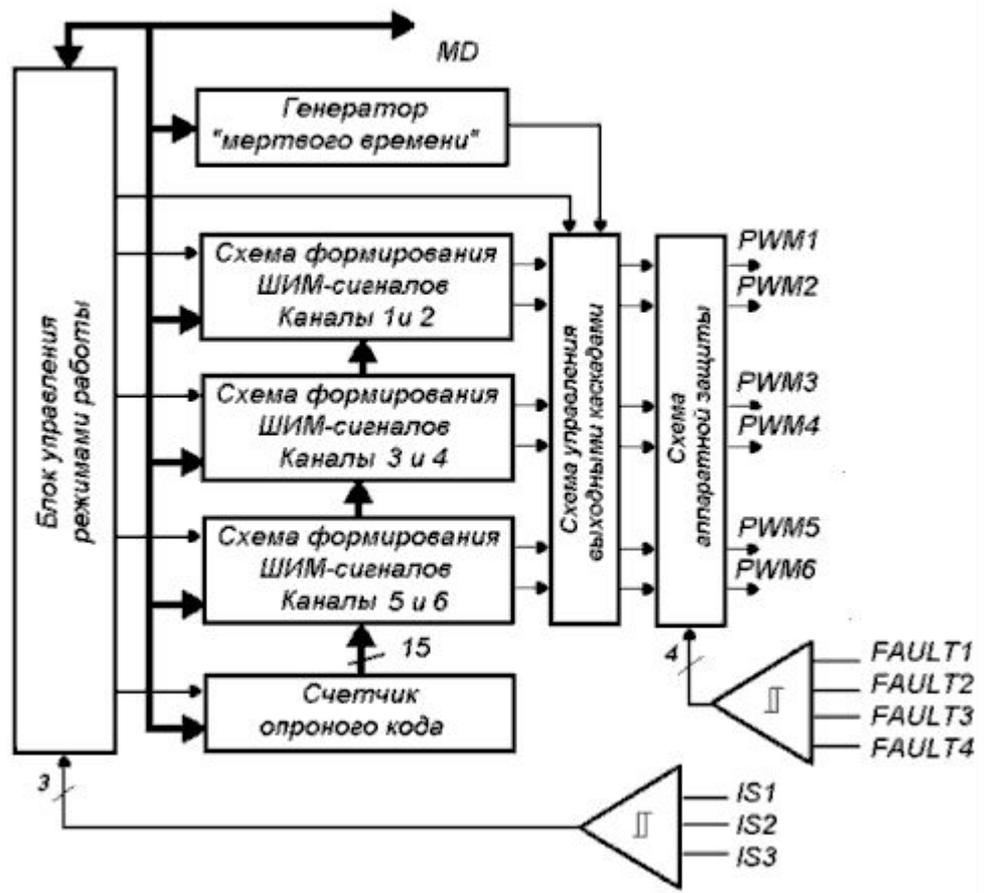


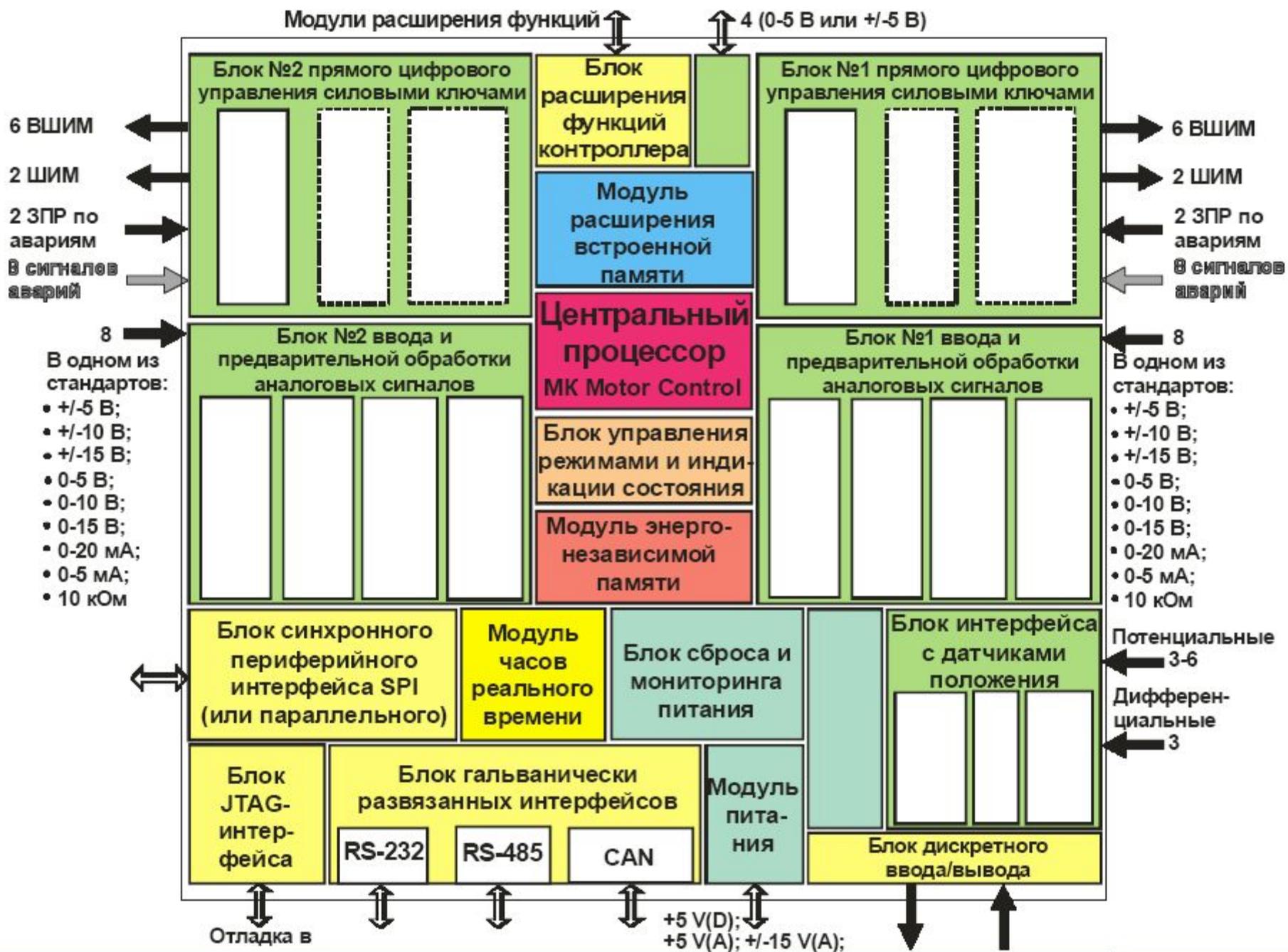
Квадратурные декодеры

## Основные тенденции развития встроенных периферийных устройств микроконтроллеров.

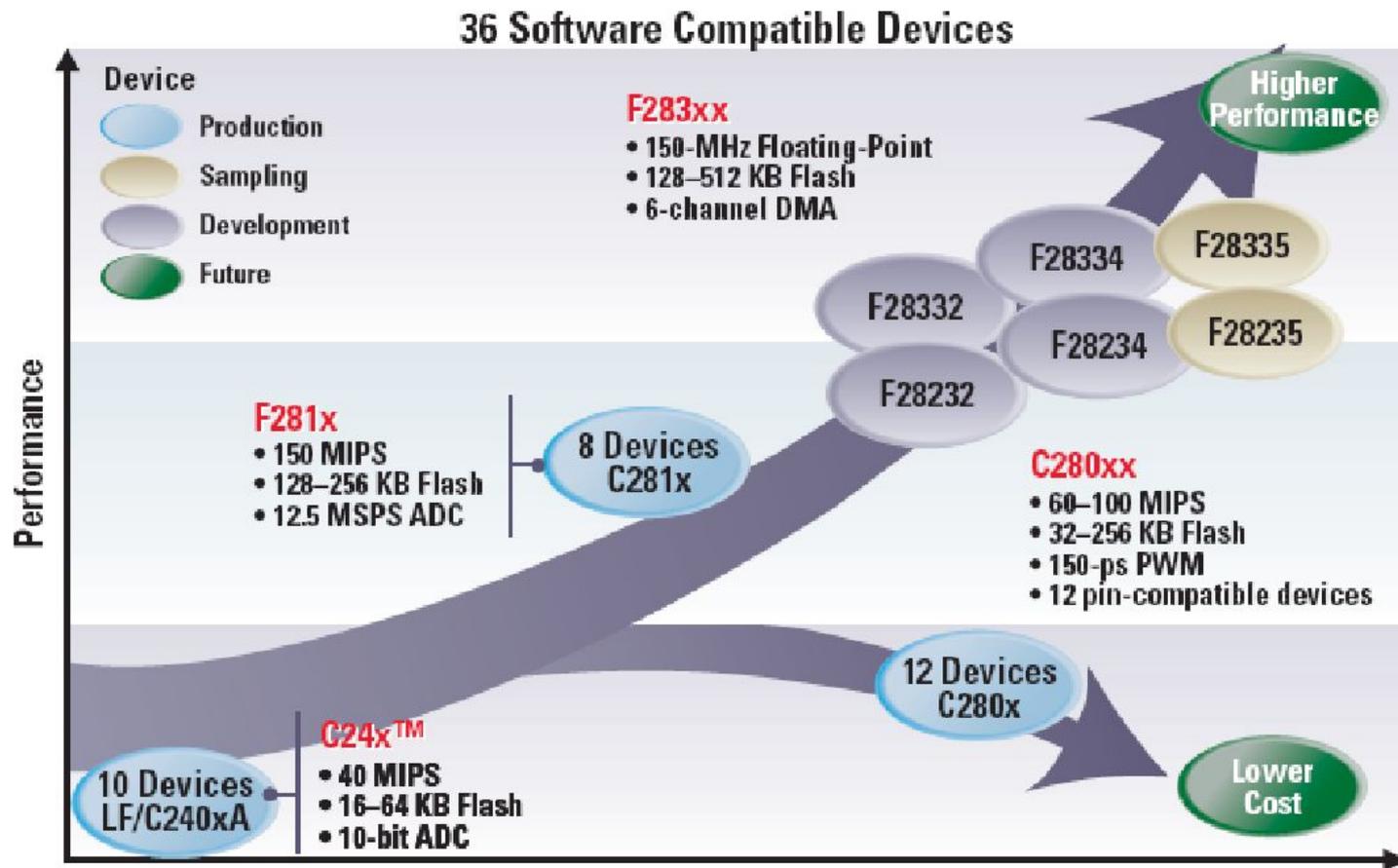
- 1. Переход от обычных счетчиков к наборам универсальных счетчиков/таймеров со встроенными каналами сравнения/захвата и далее к *многоканальным процессорам событий*.
- 2. Прецизионное формирование многоканальных последовательностей управляющих импульсов (в том числе для управления силовыми ключами в режиме ШИМ) – *функция высокоскоростного вывода* на частотах до 20-50 кГц.
- 3. Прецизионная временная обработка входных многоканальных последовательностей импульсов для сопряжения с широким классом датчиков обратных связей– *функция высокоскоростного ввода* на частотах до 100 кГц и выше.
- 4. Создание специализированных периферийных устройств типа «*квадратурных декодеров - функция идентификации положения и скорости*»;
- 5. Создание *унифицированных многоканальных ШИМ – функция прямого управления силовыми ключами*.
- 6. Интеграция процессора событий и многоканального ШИМ-генератора в одном универсальном устройстве – менеджере событий;
- 7. Создание микроконтроллеров со *сдвоенными менеджерами событий* для прямого цифрового управления приводами по системе: «*Активный выпрямитель-Инвертор-Двигатель*» и «*Преобразователь постоянного напряжения в постоянное – Инвертор – Двигатель*», а также для управления двухдвигательными приводами.
- 8. Значительное повышение быстродействия аналого-цифровых преобразователей (время преобразования до 100 нс на канал).
- Поддержка функций прямого токового управления и прямого управления моментом.

# Специализированный ШИМ-генератор





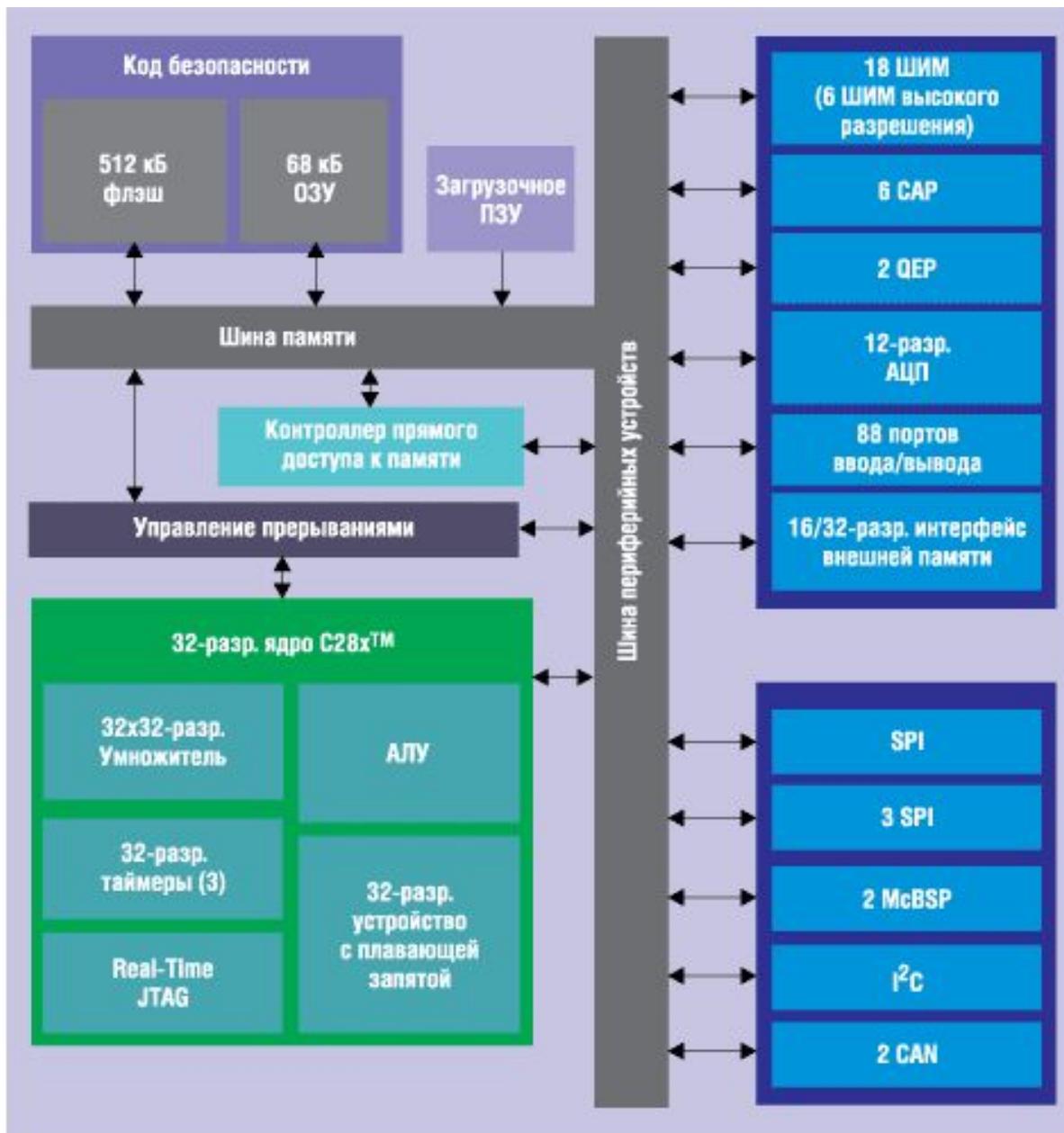
# TMS320C2000™ DSC Family



## TMS320C2000 Digital Signal Controller Platform Roadmap

The C2000™ controller platform provides an optimized combination of DSP performance and MCU integration for digital control systems.









### Высокопроизводительное ЦПУ C28x

- Тактовая частота до 68 МГц
- Одноцикловые 32-разрядн. MAC-операции
- Быстрое реагирование на прерывания

### Ускоритель законов управления

- Ускоритель 32-разрядн. арифметики с плавающей запятой
- Работает независимо от ЦПУ C28x
- Повышает производительность в несколько раз (до 5)



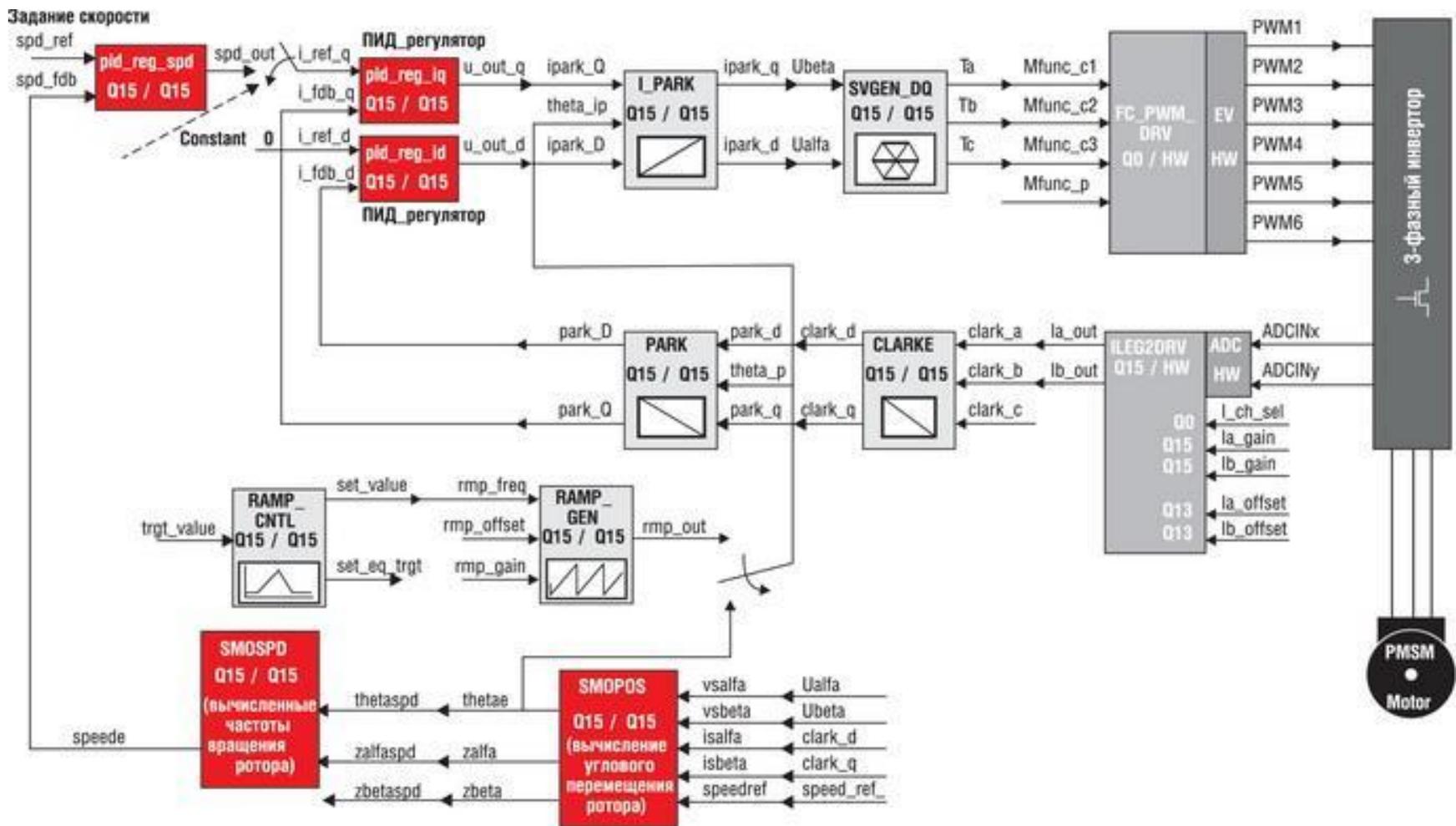
### Улучшенная архитектура

- Высокоточные встроенные генераторы (10 МГц)
- Одно напряжение питания 3,3 В и встроенные схемы сброса и контроля питания

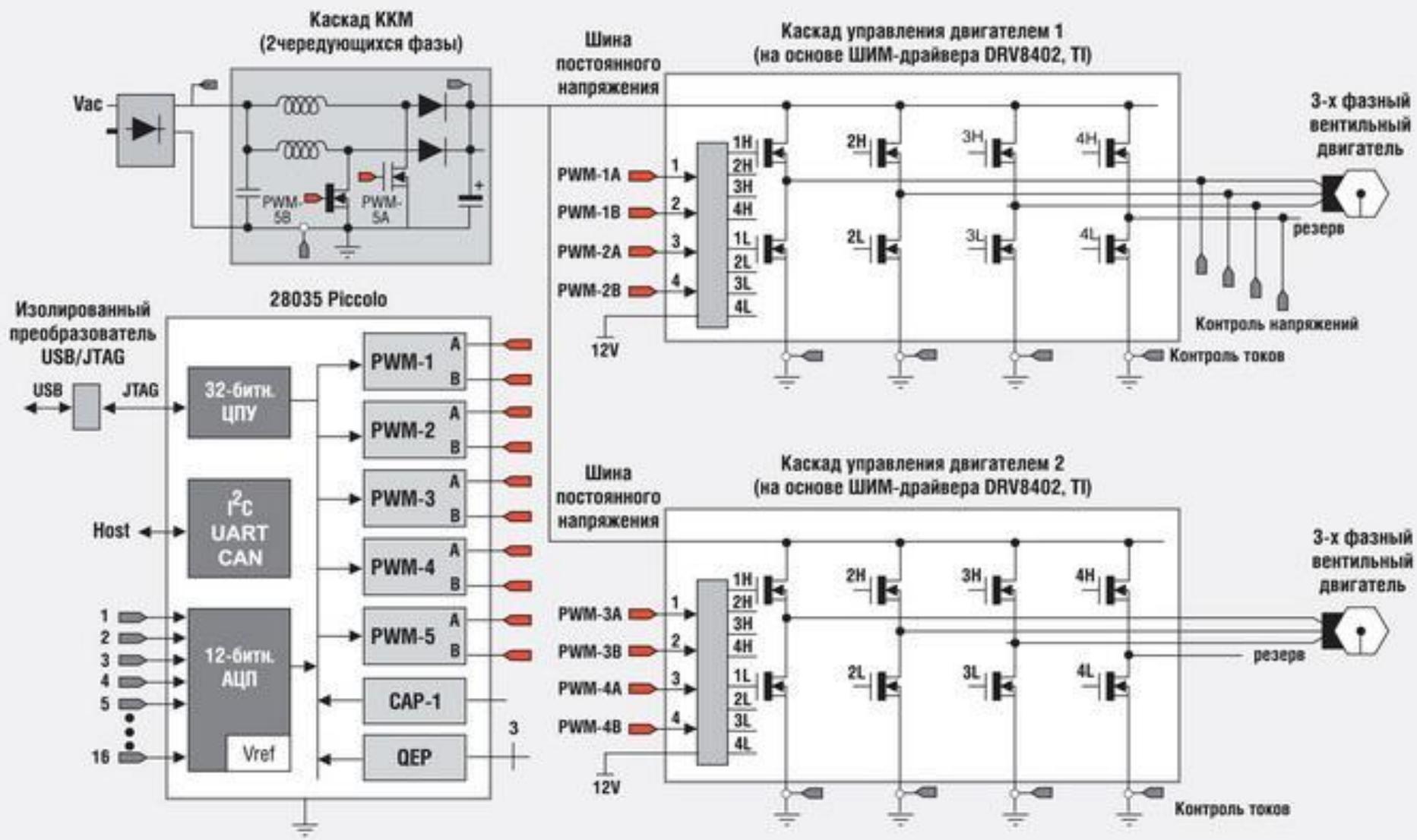
### Высококачественные УВВ

- Разрешающая способность ШИМ 150 пс
- 12-разрядн. радиометрич. АЦП с индивидуальным запуском каналов
- Компараторы с 10-разрядн. программированием пороговых напряжений

Обобщенная структура микроконтроллеров Piccolo

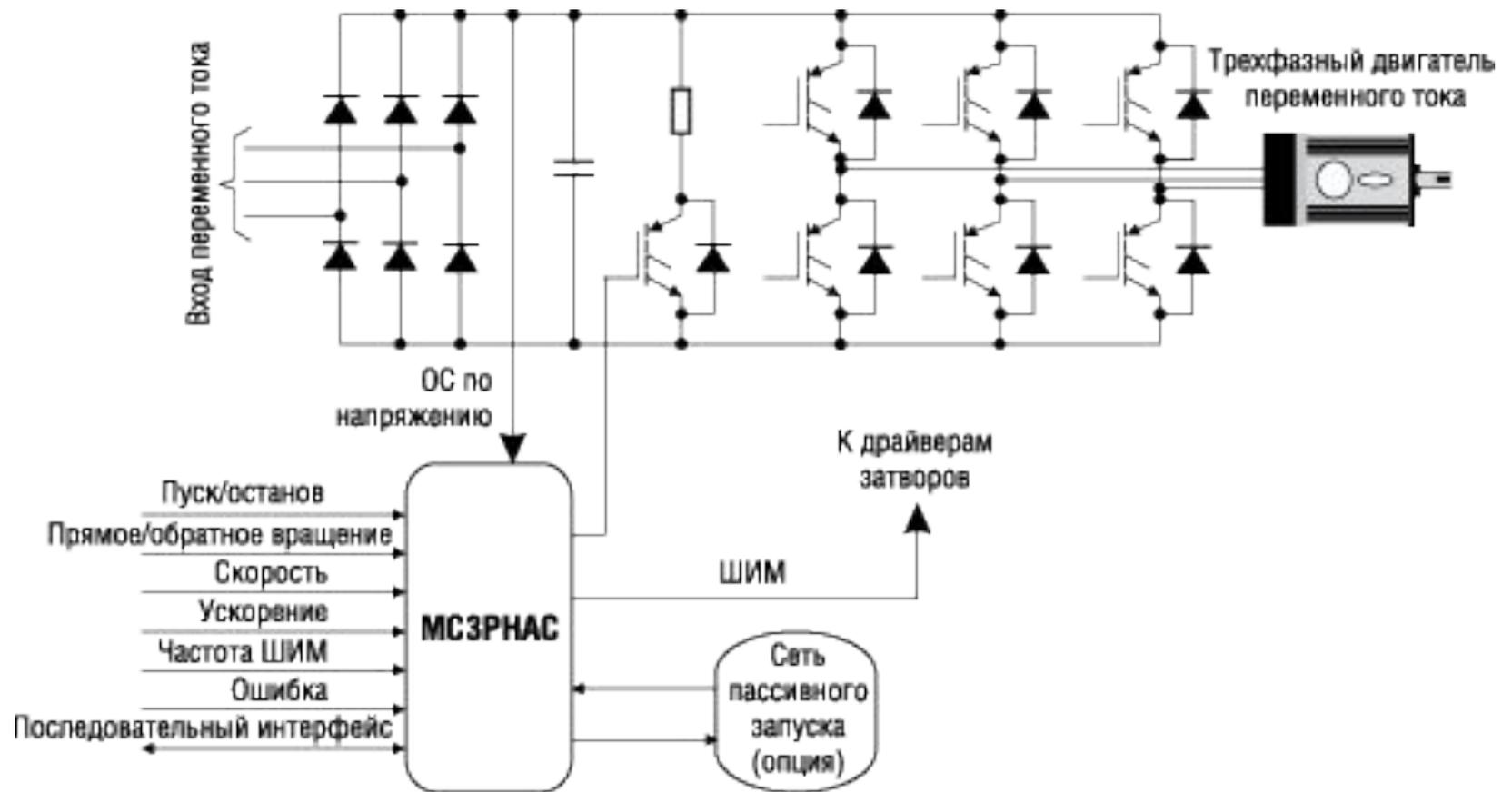


Структурная схема системы векторного управления вентильным двигателем с косвенной оценкой положения и частоты вращения ротора

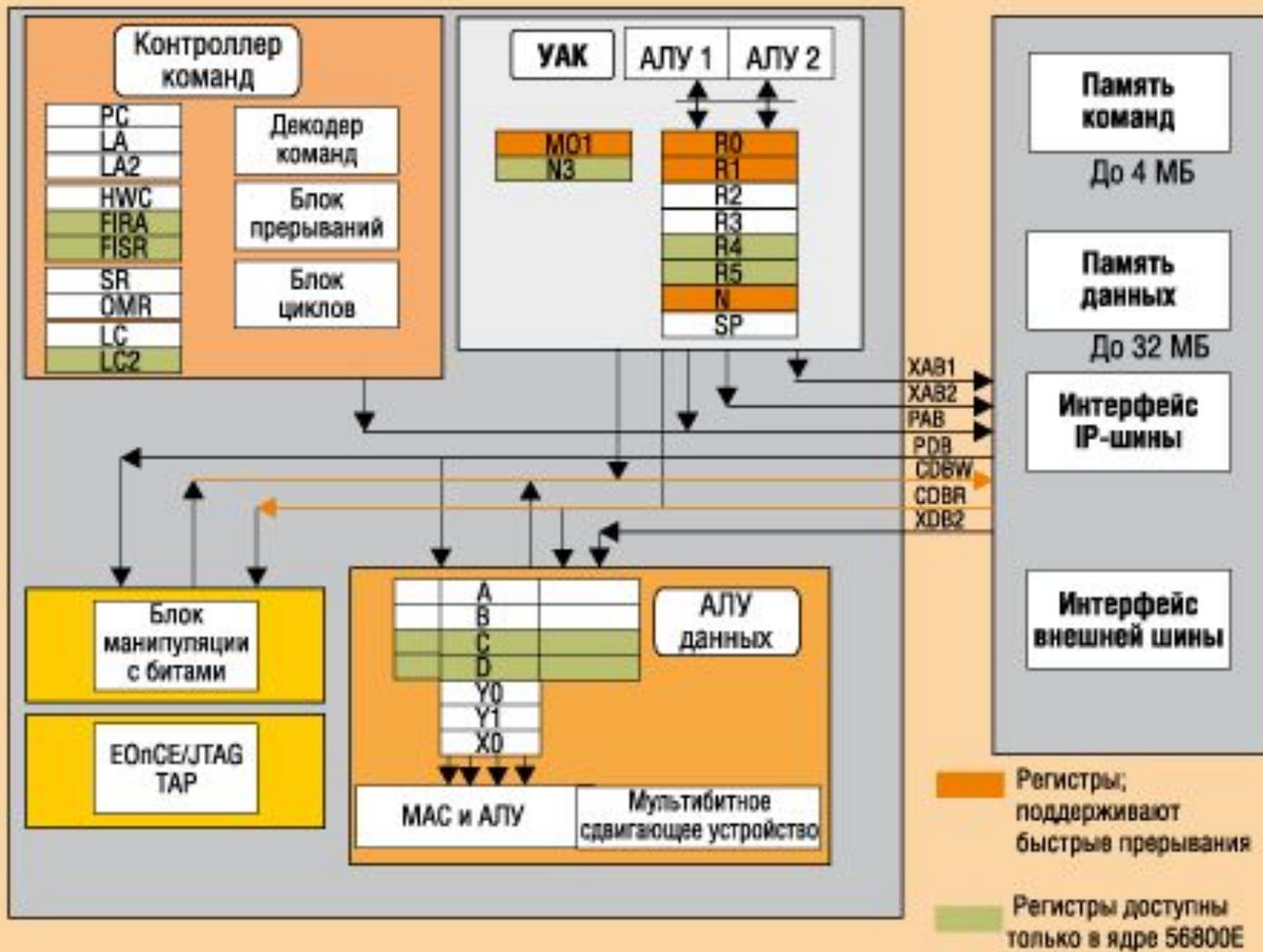


Система управления двумя вентиляльными двигателями и каскадом ККМ на основе МК Piccolo





Система управления асинхронным электродвигателем на базе MC3PNA5



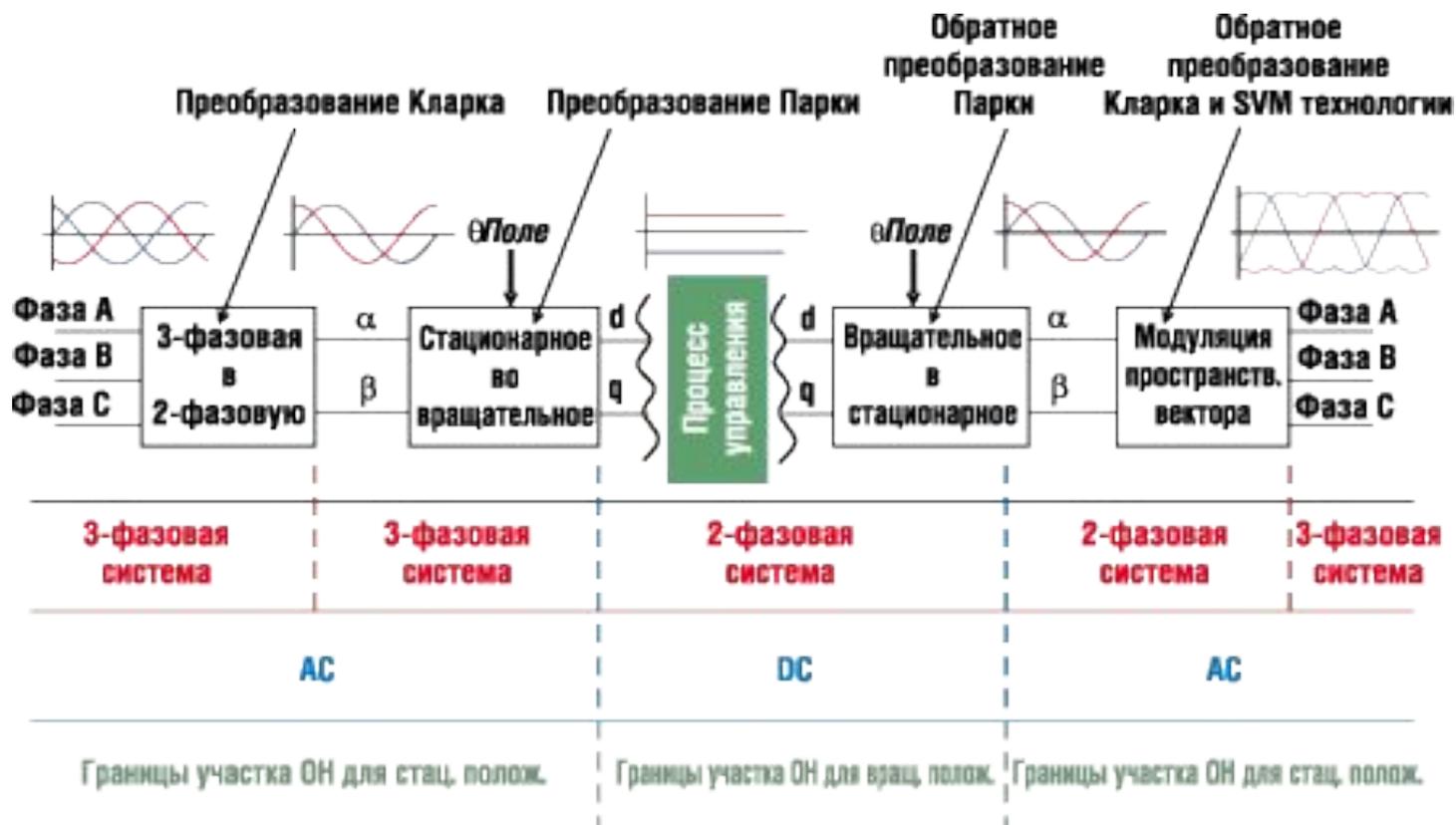
Ядро 56800E цифровых сигнальных контроллеров 56F8xxx



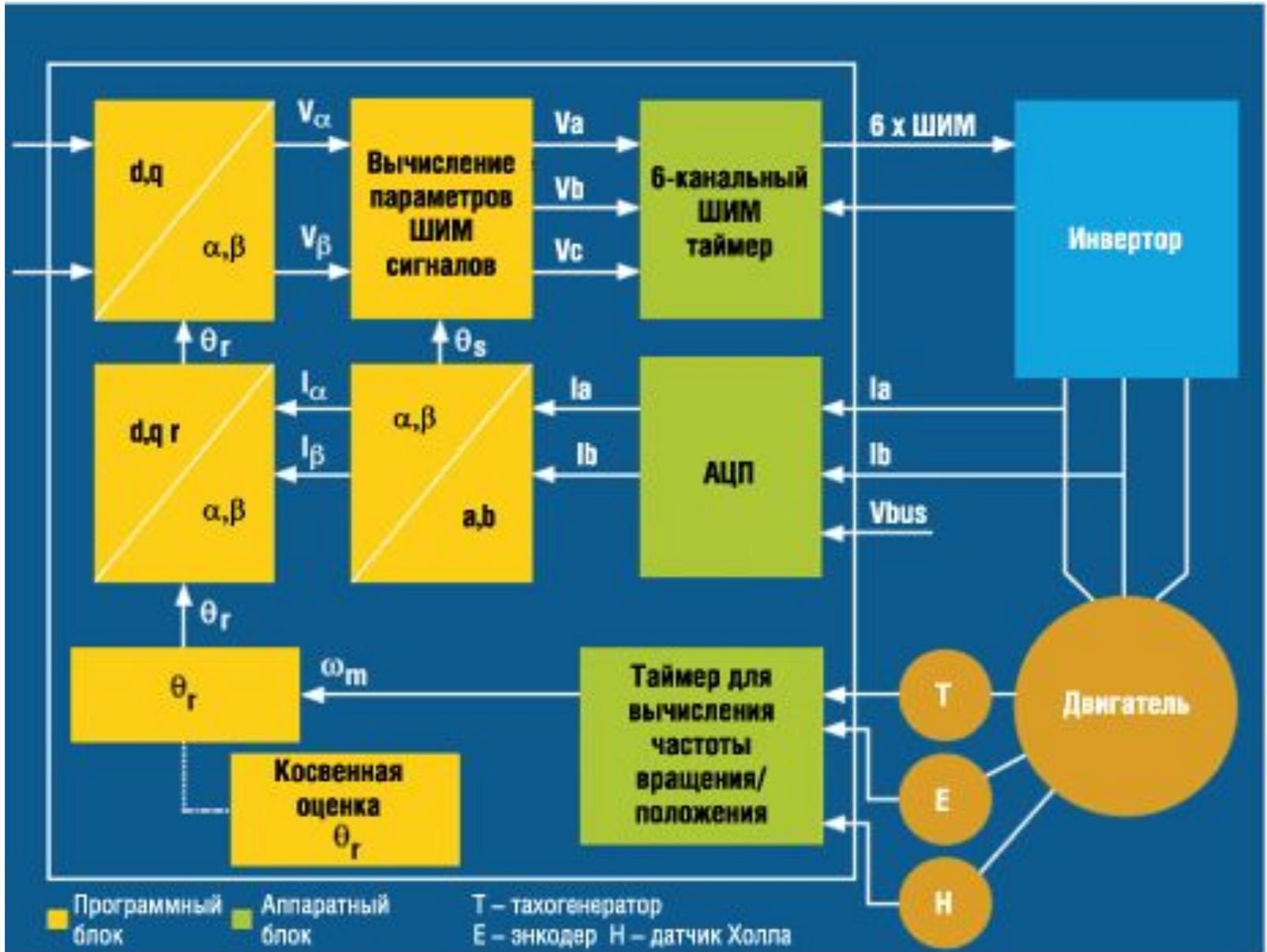
Ядро и периферийные устройства серии 56F83xx



Состав библиотеки Motor Control Library for 56F800E

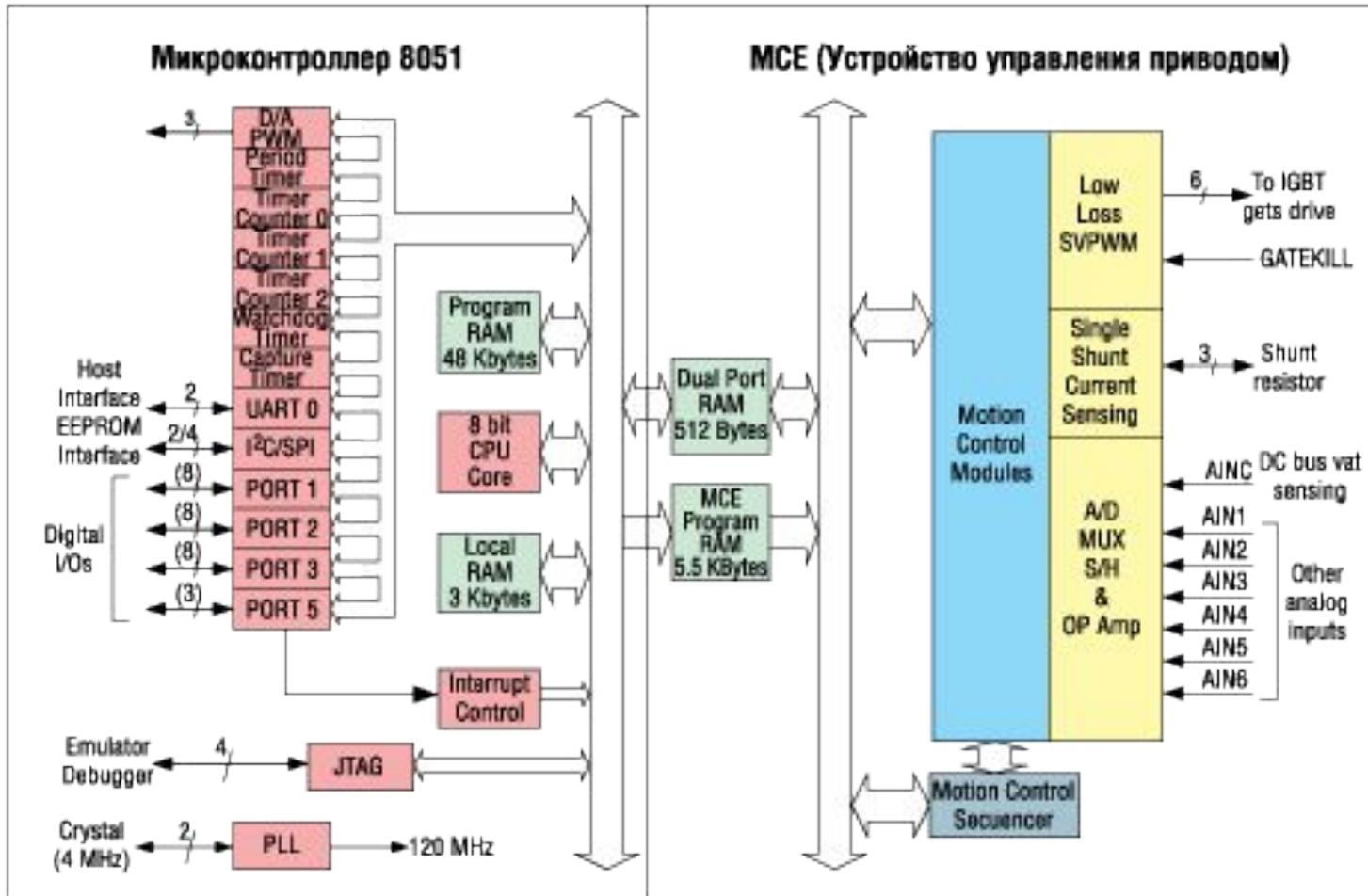


Примеры работы функций преобразования

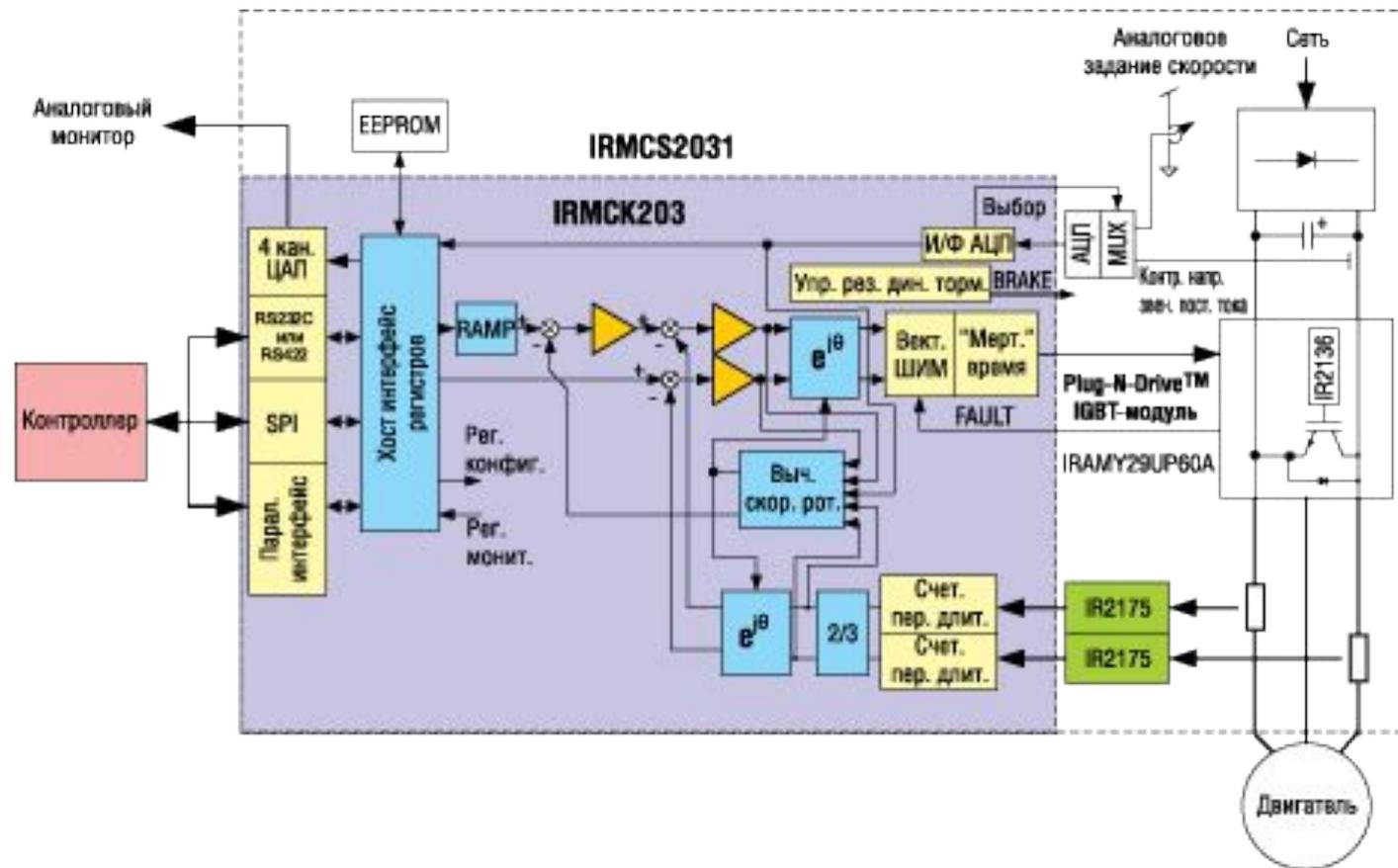


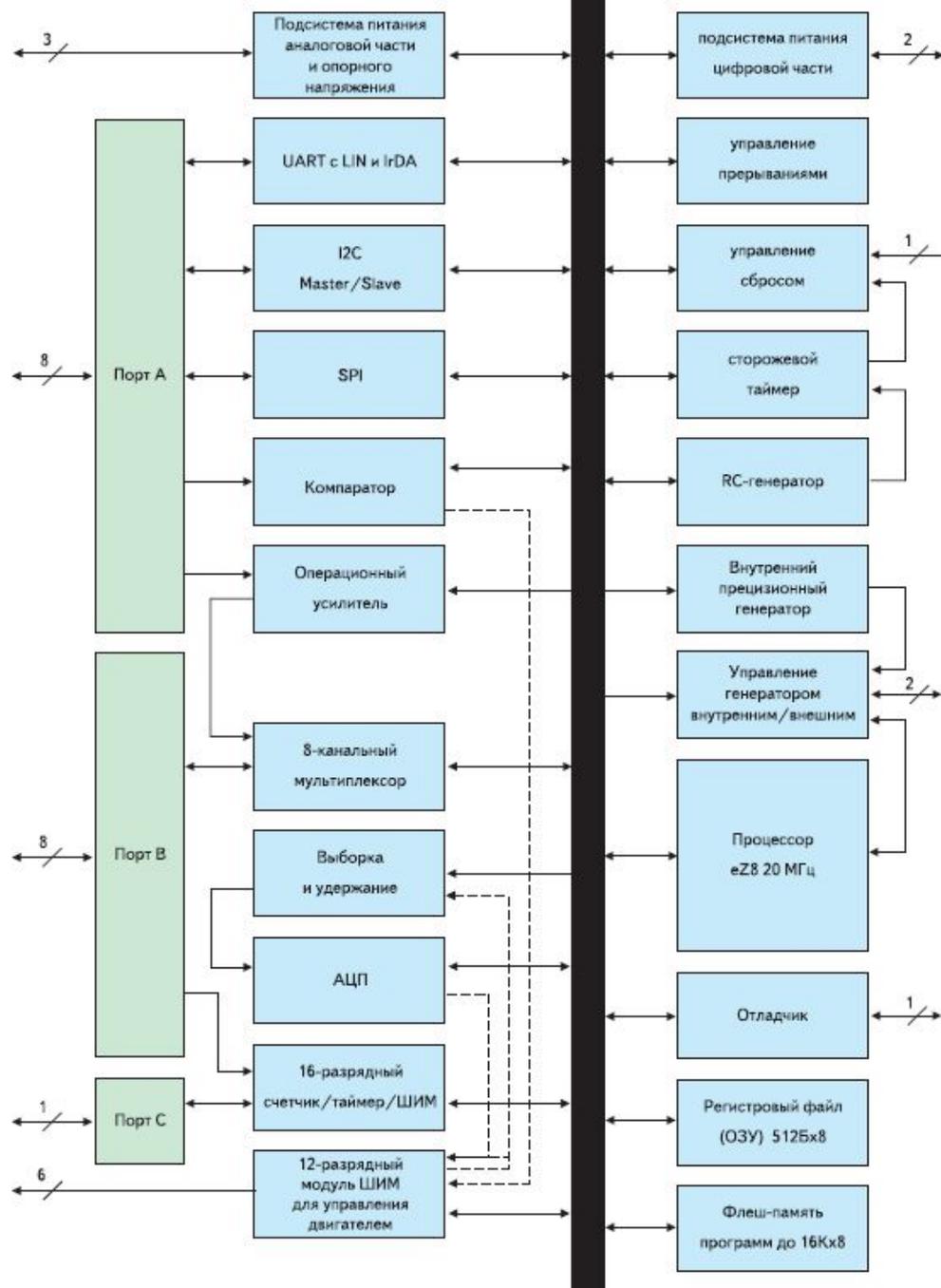
Функциональная схема устройства векторного управления электродвигателем на основе МК STM32

компания International Rectifier



Внутренняя структура контроллера серии IRMCK/ IRMCF 341





Применение микроконтроллеров и DSP-процессоров ведущих производителей для управления устройствами силовой электроники

Компания	Технические решения и электронные компоненты				
	Техническое решение	Тип средства разработки	Микроконтроллеры	DSP-процессоры	Источник информации
Freescale Semiconductor	Управление однофазным электродвигателем переменного тока	Базовый проект	M68HC08		[9]
	Управление вентильно-реактивным 3-фазным электродвигателем с датчиками Холла			DSP56F805	[10]
	Управление шахтерской лампой		MC9S08QG4		[11]
	Программное обеспечение для проектирования микроконтроллерных систем управления на основе нечеткой логики	Программное средство	M68HC12		[12]
Microchip Technology	Управление бесколлекторным электродвигателем постоянного тока (с датчиком или без датчика)	Плата разработки	PIC18F2331 PIC18F2431	dsPIC30F2010 dsPIC30F3010	[13]
	Управление импульсным источником питания			dsPIC30F2020	[14]
	Управление электродвигателем поднимания оконного стекла в автомобиле с функцией антисдавливания и управлением от однопроводной коммуникационной сети	Базовый проект	PIC16F688		[15]
Управление шаговым электродвигателем	C8051F300			[16]	
Silicon Laboratories	Управление бесколлекторным электродвигателем постоянного тока		C8051F310		[17]
	Примеры программ для управления различными типами электродвигателей	Программный пакет	C8051F3xx		[18]
STMicroelectronics	Управление электродвигателем переменного тока или лампой накаливания	Базовый проект	ST7ULTRALITE		[20]
	Управление различными типами электродвигателей переменного тока	Оценочный комплект	ST7FMC2S4T6		[21]
	Понижающий преобразователь переменного тока для мощных нагрузок	Базовый проект	ST7LITES5		[22]
Texas Instruments	Импульсный источник питания	Технический отчет		TMS320F280x	[23]
	Программное обеспечение для разработки систем управления всеми типами электродвигателей	Программный пакет		TMS320C2000	[24]
	Программное обеспечение для разработки всех типов силовых преобразователей и систем коррекции коэффициента мощности			TMS320C2000	[24]