

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ИНТЕРВАЛЬНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЛОГИКЕ

В.С. Выхованец, А.Е. Вергер

Институт проблем управления РАН

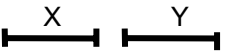

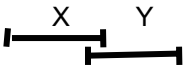
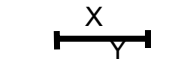



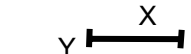

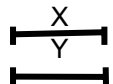
Темпоральные логики

- Оперируют высказываниями, имеющие истинностные значения, изменяющиеся во времени.
- Используются при решении задач:
 - мониторинга и прогнозирования;
 - верификации моделей;
 - спецификации и верификации программ;
 - обработки и анализа данных (анализ временных рядов).

Статическая концепция времени

- Время – линейное упорядоченное множество, все моменты равноправны.
- Первопорядковые логики – время выражается переменной, наряду с другими предметными переменными .
- Модальные логики – лучевое представление времени (Until, Release, Next, Future, Globally, All и Exists).
- Интервальные логики – оперируют временными интервалами и их взаимным расположением.

Интервальная логика Аллена

Отношение и его инверсия	Обозначения	Иллюстрация	Отношения между конечными точками
X before Y	b		$X^- < Y^-$, $X^- < Y^+$, $X^+ < Y^-$, $X^+ < Y^+$
Y after X	bi		
X meets Y	m		$X^- < Y^-$, $X^- < Y^+$, $X^+ = Y^-$, $X^+ < Y^+$
Y met-by X	mi		
X overlaps Y	o		$X^- < Y^-$, $X^- < Y^+$, $X^+ > Y^-$, $X^+ < Y^+$
Y overlapped-by X	oi		
X during Y	d		$X^- > Y^-$, $X^- < Y^+$, $X^+ > Y^-$, $X^+ < Y^+$
Y includes X	di		
X starts Y	s		$X^- = Y^-$, $X^- < Y^+$, $X^+ > Y^-$, $X^+ < Y^+$
Y started-by X	si		
X finishes Y	f		$X^- > Y^-$, $X^- < Y^+$, $X^+ > Y^-$, $X^+ = Y^+$
Y finished-by X	Fi		
X equals Y	E		$X^- = Y^-$, $X^- < Y^+$, $X^+ > Y^-$, $X^+ = Y^+$

Динамическая концепция времени

- Существует только выделенный момент времени – настоящее, однозначно разделяющего прошлое и будущее.
- Прошлое считается уже не существующим, а будущее – еще не существующим.
- Постулируется «стрела времени» и необратимость времени.

Пропозиционная логика Пратта

- Два типа переменных:
 - пропозиционные переменные типа A, B и т.д.
 - программы α, β, \dots
- Модальные операторы для программ:
 - композиции $\alpha; \beta$ (выполнение α , потом β)
 - объединения $\alpha \cup \beta$ (выполнение α или β)
 - итерации α^* (заикливание α)
- Операторы преобразования:
 - оператор теста $A?$ (для преобразования пропозиционного высказывания A в программу)
 - оператор $[\alpha]A$ для преобразования программы в пропозиционное высказывание A .

if A then α else β $(A?; \alpha) \cup (\neg A?; \beta)$

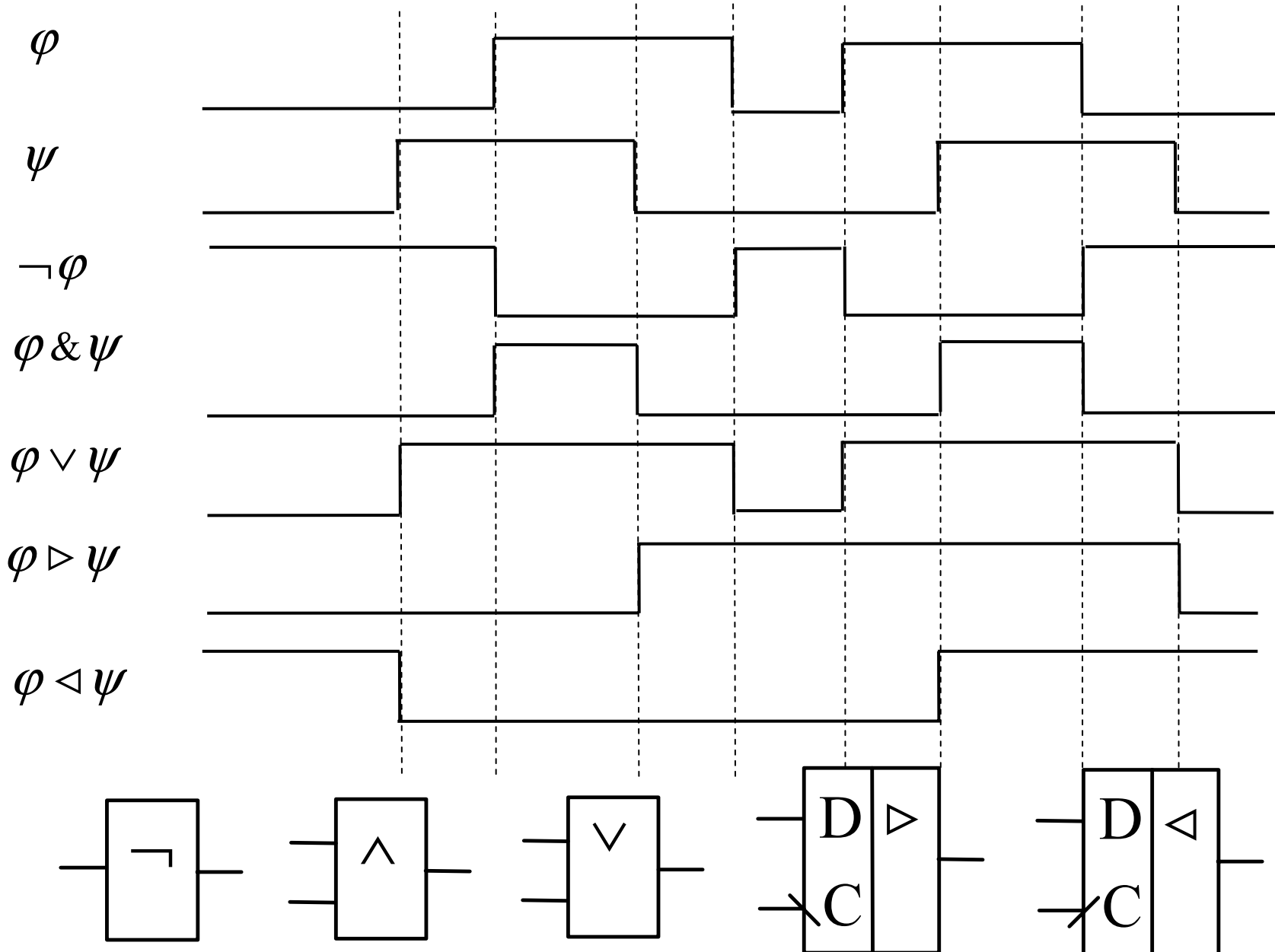
Интервальная динамическая ЛОГИКА

- Динамический характер интервальной динамической логики определяется тем, что проверка выполнимости формул осуществляется в каждый текущий момент времени, причем сам текущий момент времени определяется не абсолютно, а по каким-либо изменениям предметных переменных.

Синтаксис

- Счетное множество F атомарных формул типа A, B, \dots ;
- Составные формулы:
 - атомарные формулы из F есть формулы;
 - 0 есть формула;
 - если φ – формула, то и $\neg\varphi$ является формулой;
 - если φ и ψ – формулы, то и $(\varphi \wedge \psi)$, $(\varphi \vee \psi)$, $(\varphi \triangleright \psi)$ и $(\varphi \triangleleft \psi)$ формулы.
- Константа 1 и операции \rightarrow , \leftrightarrow , \oplus выражаются традиционным образом

Семантика



Аксиоматика

- Аксиоматика исчисления высказываний
- Дополнительные аксиомы:

$$\neg(\varphi \triangleleft \psi) \leftrightarrow \neg\varphi \triangleright \neg\psi$$

$$\neg(\varphi \triangleright \psi) \leftrightarrow \neg\varphi \triangleleft \neg\psi$$

$$\varphi \triangleright \neg\psi \leftrightarrow (\varphi \triangleleft \psi) \& (\psi \triangleright \neg\psi)$$

$$\neg\varphi \triangleright \psi \leftrightarrow (\neg\varphi \triangleleft \neg\psi) \& (\neg\psi \triangleright \psi)$$

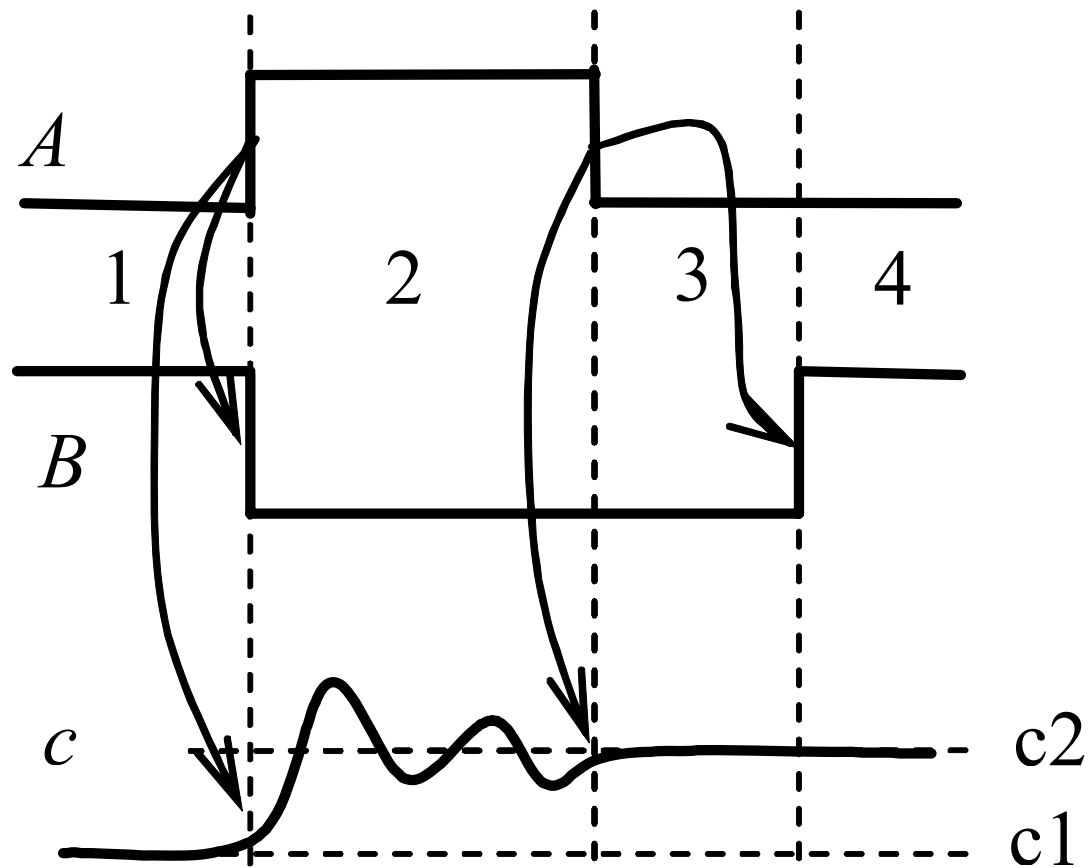
$$(\varphi \& \psi) \triangleright \chi \leftrightarrow (\varphi \triangleright \chi) \& (\psi \triangleright \chi)$$

$$(\varphi \vee \psi) \triangleright \chi \leftrightarrow (\varphi \triangleright \chi) \vee (\psi \triangleright \chi)$$

$$\begin{aligned} \varphi \triangleright (\psi \& \chi) \leftrightarrow & ((\varphi \& \chi) \triangleright \psi) \vee ((\varphi \& \psi) \triangleright \chi) \vee \\ & (((\varphi \& \neg\chi) \triangleright \psi) \& ((\varphi \& \neg\psi) \triangleright \chi)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi \triangleright (\psi \vee \chi) \leftrightarrow & ((\varphi \& \neg\chi) \triangleright \psi) \vee ((\varphi \& \neg\psi) \triangleright \chi) \vee \\ & (((\varphi \& \chi) \triangleright \psi) \& ((\varphi \& \psi) \triangleright \chi)) \end{aligned}$$

Задача синтеза



$$\begin{aligned}
 & ((\neg A \triangleleft A) \wedge (\neg A \wedge B \wedge (c = c1))) \vee (A \wedge \neg B \wedge (c > c1)) \vee \\
 & (\neg A \triangleright B) \wedge (\neg A \wedge \neg B \wedge (c = c2)) \vee (\Delta B \wedge (\neg A \wedge B \wedge (c = c2)))
 \end{aligned}$$

Выводы

- Динамический характер логики определяется тем, что проверка выполнимости формул осуществляется в каждый текущий момент времени, определяемый по каким-либо изменениям предметных переменных.
- При решении задачи синтез строится формульное описание динамического процесса.
- Получение интервального описания основано на решении обратной задачи – задачи анализа формул.