

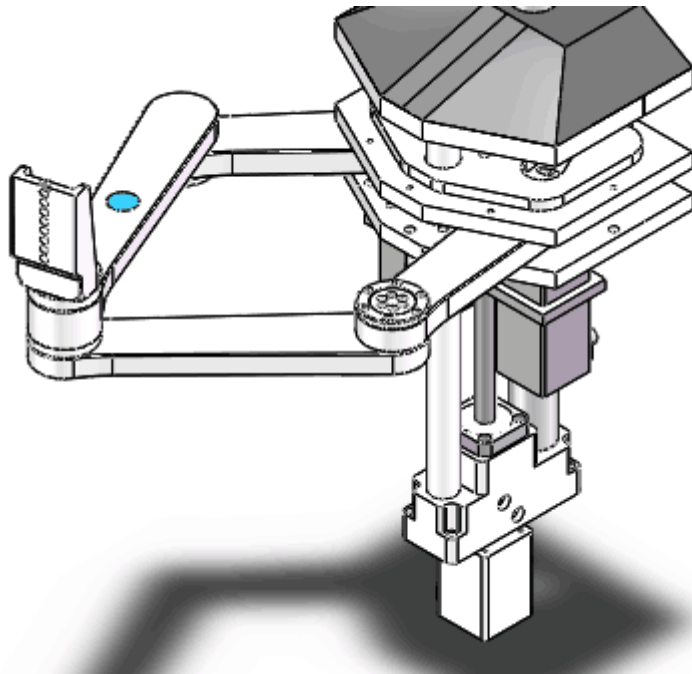
# **PUSIROBOT**

CQPUSI ROBOT CONTROL SYSTEM

## PVT 插补演示示例

---

方案简介





## 目录

1	引言 .....	4
1.1	知识产权保护申明 .....	4
1.2	免责声明 .....	4
2	概述 .....	5
2.1	示例目标 .....	5
3	背景描述.....	6
3.1	设备机构图 .....	6
3.2	PVT 简介.....	6
3.3	机构运动图解分析 .....	7
4	直线插补: .....	8
4.1	位置数据 (P) 解析: .....	8
4.1.1	$\phi 1$ 值求法.....	8
4.1.2	$\phi 2$ 值求法.....	8
4.2	1、2 号电机位置算法.....	8
4.3	速度数据 (V) 解析: .....	8
4.4	1、2 号电机脉冲频率 (PPS) 算法.....	9
5	具体 PVT 数据.....	9

## 1 引言

### 1.1 知识产权保护申明

PMCxx 系列控制器设计方案中所用的软件、算法、电路已经申请如下国家专利：

- 控制器算法已申请发明专利保护。
- 控制器电路已申请实用新型专利保护。
- 控制器软件已申请著作权保护。

PMCxx 系列控制器内嵌固件代码，任何试图破坏固件代码保护功能的行为均可视为违反了知识产权保护法案和条例。本方案中使用的上位机控制软件及其控制方案均属于 CQPUSI 的知识产权，在未经 CQPUSI 授权的情况下复制、散布或实施反向工程，均可视为违反了知识产权保护法案和条例，CQPUSI 有权依据该法案提起诉讼制止这种行为。

### 1.2 免责声明

本方案中所述的设备信息、软件操作内容及图示、方案描述等内容仅为您提供参考，而不能作为最终的产品依据，它们可能在未来版本中被更新。CQPUSI 对这些信息不作任何形式的声明或担保，包括但不限于使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。CQPUSI 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。

如果将 CQPUSI 的设计方案或设备用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 CQPUSI 免于承担法律责任和赔偿。

## 2 概述

### 2.1 示例目标

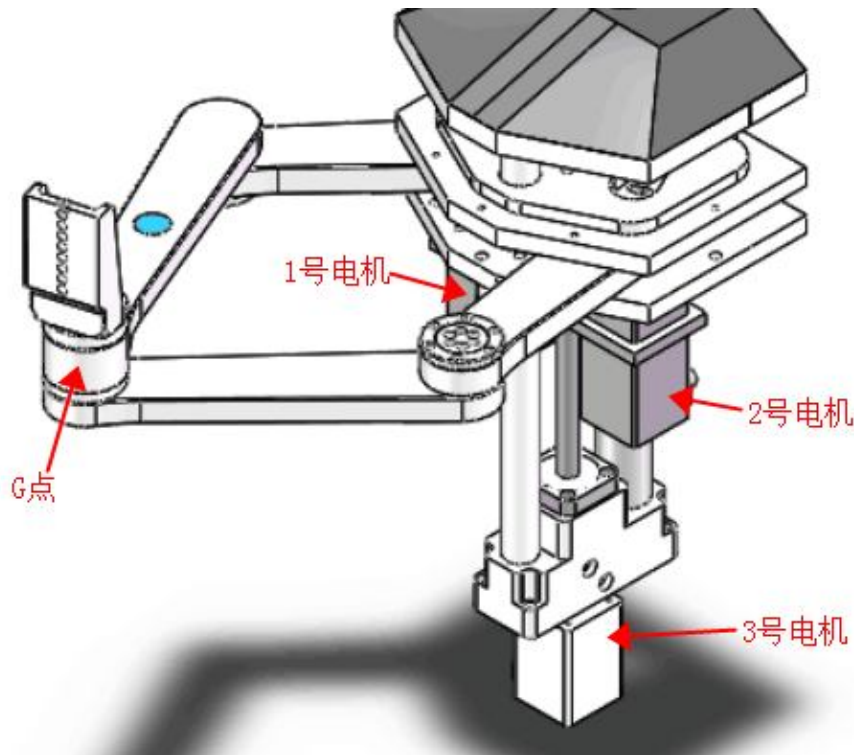
本示例是为方便客户理解、应用 PVT 插补功能，初步实现通过该机械手臂画直线功能。本示例控制部分采用谱思自主研发的高性能嵌入式控制模块，通过模块内部的运动控制算法实现对手臂的精确控制。

要理解 PVT 插补功能，前期需要对机械结构做运动学分析，该示例针对此机械结构给出了较为详细的演示步骤，但由于运动的多样性，为节省篇幅仅对某种运动情况做详细分析。

文档描述针对谱思 PMC007 系列控制模块 PVT 插补功能，包括整体机构描述、运动图分析、P 位置数据解析和 V 速度数据解析等。

### 3 背景描述

#### 3.1 设备机构图



该机构为 3 轴机械手臂，3 号电机控制整体上下移动，1、2 号电机分别控制与其相连的两轴转动，最终实现对 G 点的精确控制；那么 G 点要实现直线或者圆弧运动，就需要用到 PVT 插补

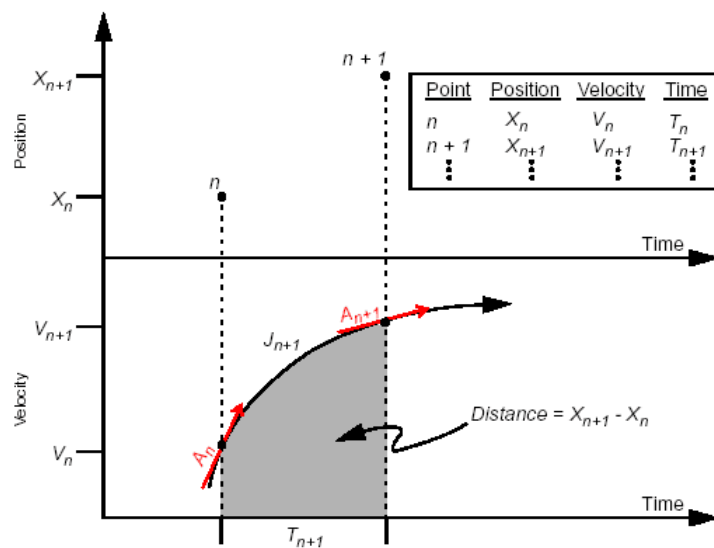
#### 3.2 PVT 简介

PVT 是一种精确插补方式，广泛应用于伺服控制系统的轨迹规划。PMC007 控制器通过 CAN 总线接收一系列的 PVT 点，每一个 PVT 点都由位置、速度、时间组成，PMC007 控制器在这些点之间做精插补，以得到所需的运动轨迹。

PVT 同步控制不仅能保证系统运行的平稳，而且能充分发挥系统资源潜能，提高系统的平均运行速度和系统生产效率，整体地提高运动系统的控制精度，使加速度曲线在拐点处平滑过渡。合理的进行插补控制是保证高速运动系统动态性能和稳态精度的重要环节。PMC007 采用 PVT 精插补算法，利用系统的开放性，将上位机的粗插补与底层控制器的精插补有效结合，不仅使得复杂运动机构的插补运算平衡分布在工控网络，而且极大降低了总线通讯负荷，并使大规模节点数的网络同步控制变得简单可靠。

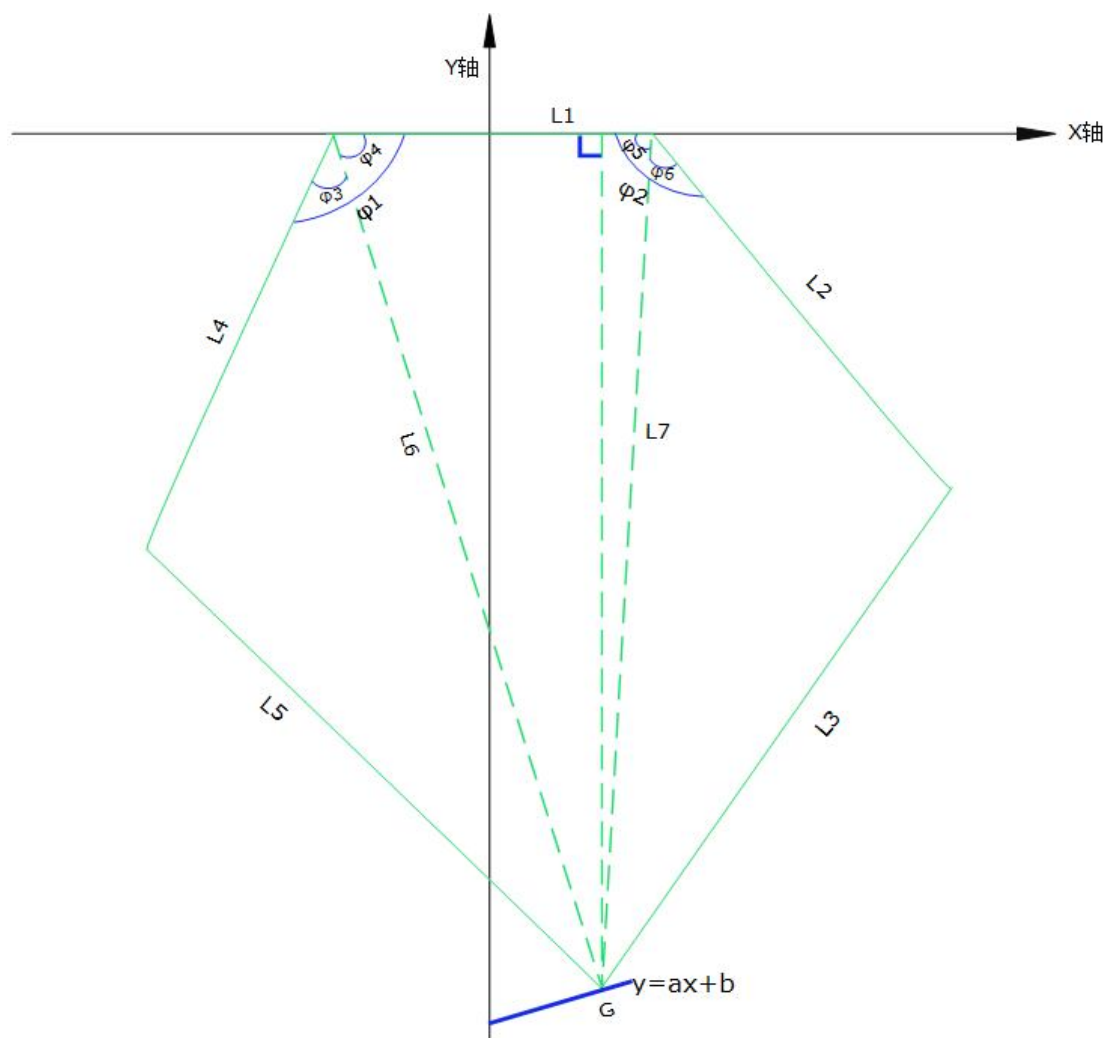
通过为控制模块设定一系列 PVT 点，使得各个轴的电机能在同一时刻 (T)，以各自的目标速度 (V)，通过或到达各自的目标点 (P)。

使用时，通过对连续运动曲线进行离散化，间断地输入 PVT 点，即可实现连续的 PVT 运动，如下图所示。离散化的时间间隔  $\Delta t$  越小 ( $1\text{ms} \leq \Delta t \leq 1\text{s}$ )，PVT 点数越多，得到的曲线越平滑，但是给总线的带宽压力越大，所以需要根据网络上的轴数来做负荷平衡。在 3 个轴以内通常采用的时间间隔  $\Delta t \approx 20\text{ms}$  左右。



### 3.3 机构运动图解分析

由图可以得知，要实现 G 点的直线或者圆弧运动，难点在于 1、2 号电机的控制，这里先让 3 号电机保持不动做运动分析，这种情况下俯视的机构示意图如下图所示：



#### 4 直线插补:

要让 G 点走直线, 那么 G 点坐标  $x$  与  $y$  的关系为:  $y=ax+b$ , 由于机构的特殊性,  $a$ 、 $b$  和  $x$  的取值范围不同计算公式也不相同, 这里仅在  $0 < x < L1$  的条件下做运动分析。

G 点走直线, 需要系统对 1、2 号电机给出正确的 PVT 数据。

##### 4.1 位置数据 (P) 解析:

1、首先把  $y=ax+b$  这条直线在  $0 < x < L1$  的范围内分成 5000 个点, 只要 G 点依次通过这 5000 个点即可形成直线运动轨迹, 对应的  $x$  值为  $X0 X1 X2 X3 \dots X4999$

2、要得到 1 号电机与 2 号电机的位置数据, 即是需要得到  $\phi 1$  与  $\phi 2$  的角度, 通过每一个点的  $x$  值可以求得与其对应的  $\phi 1$  值与  $\phi 2$  值。

##### 4.1.1 $\phi 1$ 值求法

由图可知  $\phi 1 = \phi 3 + \phi 4$

$$\phi 4 = \arctan \left( \frac{-y}{L1+x} \right) * (360/2\pi) = \arctan \left( \frac{-(ax+b)}{L1+x} \right) * (360/2\pi)$$

$$\phi 3 = \arccos \left( \frac{L4^2 + L6^2 - L5^2}{2 * L4 * L6} \right) * (360/2\pi)$$

$$= \arccos \left( \frac{(1+a^2)x^2 + (2ab+2L1)x + L4^2 + L1^2 + b^2 - L5^2}{2 * L4 * \sqrt{(1+a^2)x^2 + (2ab+2L1)x + L1^2 + b^2}} \right) * (360/2\pi)$$

$$\phi 1 = \left\{ \arctan \left( \frac{-(ax+b)}{L1+x} \right) + \arccos \left( \frac{(1+a^2)x^2 + (2ab+2L1)x + L4^2 + L1^2 + b^2 - L5^2}{2 * L4 * \sqrt{(1+a^2)x^2 + (2ab+2L1)x + L1^2 + b^2}} \right) \right\} * (360/2\pi)$$

##### 4.1.2 $\phi 2$ 值求法

$$\phi 5 = \arctan \left( \frac{-y}{L1-x} \right) * (360/2\pi) = \arctan \left( \frac{-(ax+b)}{L1-x} \right) * (360/2\pi)$$

$$\phi 6 = \arccos \left( \frac{L2^2 + L7^2 - L3^2}{2 * L2 * L7} \right) * (360/2\pi)$$

$$= \arccos \left( \frac{(1+a^2)x^2 + (2ab-2L1)x + L2^2 + L1^2 + b^2 - L3^2}{2 * L2 * \sqrt{(1+a^2)x^2 + (2ab-2L1)x + L1^2 + b^2}} \right) * (360/2\pi)$$

$$\phi 2 = \left\{ \arctan \left( \frac{-(ax+b)}{L1-x} \right) + \arccos \left( \frac{(1+a^2)x^2 + (2ab-2L1)x + L2^2 + L1^2 + b^2 - L3^2}{2 * L2 * \sqrt{(1+a^2)x^2 + (2ab-2L1)x + L1^2 + b^2}} \right) \right\} * (360/2\pi)$$

##### 4.2 1、2 号电机位置算法

根据  $x$  值求出对应的  $\phi 1$  值与  $\phi 2$  值, 再根据该值与初始位置值的角度差, 即可求出需要的 1 号电机和 2 号电机的绝对位置, 设一号电机初始位置角度值为  $\phi 10$ , 2 号电机初始位置角度值为  $\phi 20$

$$1 \text{ 号电机的绝对位置 } P \text{ 为: } (\phi 1 - \phi 10) / \left( \frac{1.8}{\text{细分}} \right)$$

$$2 \text{ 号电机的绝对位置 } P \text{ 为: } (\phi 2 - \phi 20) / \left( \frac{1.8}{\text{细分}} \right)$$

##### 4.3 速度数据 (V) 解析:

角度对时间求导就是角速度, 通过角速度就可以求到脉冲频率  $V$ , 由于画直线的情况有很多种, 这里仅在匀速画直线的情况下做分析, 设画直线的速度为  $V1$ ,

$$\text{令 } p = (1 + a^2)x^2 + (2ab + 2L1)x + L4^2 + L1^2 + b^2 - L5^2$$



$$Q=2 * L4 * \sqrt{(1+a^2)x^2 + (2ab + 2L1)x + L1^2 + b^2}$$

#### 4.3.1 1 号电机角速度:

$$\omega_1 = \frac{d\phi_1}{dt} = \left( \frac{d\phi_1}{dx} \right) * \left( \frac{dx}{dt} \right) = \left\{ \frac{b-a*L1}{(L1+x)^2+(ax+b)^2} - \frac{1}{\sqrt{1-\frac{p^2}{q^2}}} * \frac{\left\{ [2(1+a^2)x+2ab+2L1] * \left( q - \frac{2L4^2p}{q} \right) \right\}}{q^2} \right\} *$$

$$\frac{360}{2\pi} * V1 * \left( -\frac{a}{b} \right) / \sqrt{b^2 + b^2/a^2}$$

#### 4.3.2 2 号电机角速度:

$$\text{令 } u=(1+a^2)x^2 + (2ab - 2L1)x + L2^2 + L1^2 + b^2 - L3^2$$

$$v=2 * L2 * \sqrt{(1+a^2)x^2 + (2ab - 2L1)x + L1^2 + b^2}$$

$$\omega_2 = \frac{d\phi_2}{dt} = \left( \frac{d\phi_2}{dx} \right) * \left( \frac{dx}{dt} \right) = \left\{ \frac{-b-a*L1}{(L1-x)^2+(ax+b)^2} - \frac{1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{v^2}}} * \frac{\left\{ [2(1+a^2)x+2ab-2L1] * \left( v - \frac{2L2^2u}{v} \right) \right\}}{v^2} \right\} *$$

$$\frac{360}{2\pi} * V1 * \left( -\frac{a}{b} \right) / \sqrt{b^2 + b^2/a^2}$$

#### 4.4 1、2 号电机脉冲频率 (PPS) 算法

根据 x 值与已知的 V1 值求出对应的  $\omega_1$  值与  $\omega_2$  值，根据电机的固有属性换算出需要的 PPS，也就是速度 V

1 号电机速度  $V1 = \omega_1 * \text{细分}$

2 号电机速度  $V2 = \omega_2 * \text{细分}$

### 5 具体 PVT 数据

见附带 Excel 表格